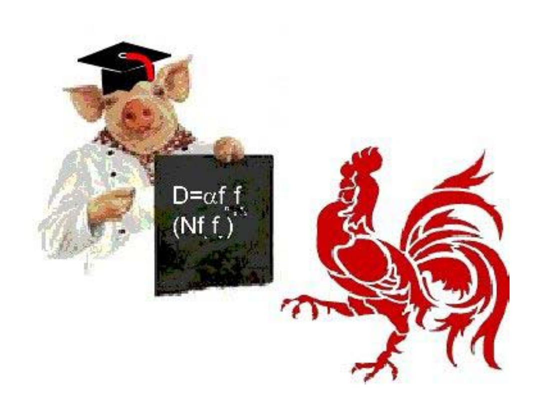


Finalisation et validation d'une formule de calcul de la distance minimale d'implantation des porcheries et des poulaillers applicable en Région wallonne.



Jacques NICOLAS - Pierre COBUT – Benoît OTTE
Université de Liège
Département "Sciences et Gestion de l'Environnement"
Unité "Surveillance de l'Environnement"
Avenue de Longwy, 185
6700 ARLON

Rapport final d'étude
Ministère de la Région Wallonne
DGRNE
Division de la Prévention et des Autorisations

Février 2006

I. Contexte de l'étude

La présente étude fait suite à deux études que l'unité de recherche "Surveillance de l'environnement" a réalisées sur le sujet de la distance d'implantation des bâtiments d'élevage par rapport aux habitations. La première, à l'initiative de la DGRNE, avait comme objectif de comparer les différentes directives et recommandations existant dans différents pays[1] et la seconde, pour le compte de la Filière Porcine Wallonne et de la Filière Avicole et Cunicole Wallonne, consistait à imaginer une première version d'une formule de calcul des distances applicable en Région wallonne[2].
Comme résultat de cette dernière étude, il avait été proposé une forme générale de formule de calcul ainsi qu'une première proposition de valeurs de ses paramètres.
La présente étude se propose de finaliser, puis de valider cette formule, pour aboutir à un outil d'aide à la décision pour les agents traitant les dossiers d'implantation de bâtiments d'élevage. Cette formule pourrait constituer une référence propre à la Région wallonne et permettre ainsi d'éviter d'utiliser des méthodes étrangères (Allemagne, Pays-Bas, Autriche, …), parfois inadaptées à la situation locale wallonne.
La formule proposée se base cependant sur les acquis des autres pays. Elle constitue un compromis entre différentes méthodes, notamment, la formule autrichienne, dont la philosophie générale a semblé intéressante, les VDI allemandes, qui résultent de nombreuses études scientifiques très poussées et la réflexion hollandaise, notamment en ce qui concerne la prise en compte des catégories de voisinage.
L'étape de validation a consisté essentiellement à confronter cette méthode de calcul et le choix de ses paramètres aux observations de terrain réalisées dans une trentaine d'élevages en Région wallonne (au départ : 15 porcheries et 15 élevages de volaille). Un des objectifs de la démarche a été de référencer les trois zones de voisinage spécifiques à l'urbanisme wallon et d'envisager les types d'élevage, de bâtiments, de ventilation et de climat ou de relief recensés dans la région.
Selon le cahier des charges initial, la version finale ne devait pas être limitée à une proposition unique et immuable de formule de calcul, mais devait laisser à l'agent traitant une latitude de décision en fonction du cas étudié. En particulier, le rapport final devait fournir une discussion sur la pertinence et la sensibilité des différents paramètres de la formule, de façon à pouvoir identifier ceux d'entre eux sur lesquels il y a moyen d'agir pour réduire les nuisances olfactives. En effet, un des objectifs d'une telle méthode pour l'agent traitant est également de pouvoir recommander certaines techniques d'élevage ou de ventilation dans les conditions sectorielles ou les conditions particulières.

Quelques priorités avaient été identifiées au cours de réunions préparatoires.

- Rendre possible une tolérance pour les exploitations existantes par rapport aux nouveaux projets.
- Pour le facteur de voisinage, prendre en compte la zone où se situent les habitations et non nécessairement la zone où se trouve l'exploitation, car l'objectif de cette méthode est de favoriser l'acceptation des projets par les riverains.
- Préciser le type de courbe enveloppe à utiliser dans les cas où l'exploitation est composée de plusieurs bâtiments.
- Concevoir la ligne-guide pour un usage simple pour l'administration et les autorités compétentes : mettre en place un arbre de décision complété par un mode d'emploi et une brochure de vulgarisation. Une attention particulière sera portée sur la clarté des termes utilisés (ex. : séchage forcé, ventilation naturelle, …), afin d'éviter toute ambiguïté dans l'affectation des facteurs. La méthode doit devenir un outil pratique d'aide à la décision.
- Définir au départ un état de conditions de propreté normales (qui sera pris en compte dans le modèle).

- Envisager une réponse de la méthode dans les cas où un élevage de bovins coexiste avec un élevage de porcs ou de volaille, sans cependant que l'élevage de bovins ne soit considéré explicitement par la méthode.
- Considérer dans le facteur technique la manière et la fréquence dont le lisier ou le fumier sont évacués.
- Considérer seulement les élevages en étables et non les élevages exclusivement en plein air.

L'option choisie pour ce rapport final est de présenter d'emblée le résultat de l'étude, c'est-à-dire la formule elle-même, avec les valeurs possibles de ses paramètres, puis de justifier et de discuter ces choix par la suite.
La latitude sur l'utilisation de la formule demandée par le cahier des charges est notamment traduite par l'option, pour certains paramètres, de ne pas les figer en catégories précises, parfois difficile à évaluer, mais plutôt de les prendre en compte par le biais de recommandations. D'autres libertés sont laissées à l'utilisateur, par exemple en ce qui concerne l'influence de la direction des vents dominants ou l'identification exacte de la classe de voisinage à considérer en finale.
Pour garantir au maximum la lisibilité de la formule, les termes employés et les choix de prendre en compte certaines caractéristiques de l'élevage ont été discutés avec des spécialistes dans différents domaines.

II. Formule de calcul de la distance minimale

A. Formule

La philosophie générale de la méthode est d'évaluer la distance D par une formule de type:

$$D = \alpha \cdot f_D f_R (N f_A f_T)^n \qquad (1)$$

où α est un coefficient d'ajustement, f_D, f_R, f_A et f_T sont respectivement un facteur de dispersion, un facteur de voisinage, un facteur animal et un facteur technique, N est le nombre d'animaux et n un exposant.

B. Valeurs des facteurs

1. Exposant n

n=0.5 dans tous les cas

2. Facteur animal f_A

Type d'animal	f_A
Porc à l'engrais au stade finition (>70 kg)	1
Porc à l'engrais en bande	0.9
Truie gestante	1.2
Truie allaitante, avec sa portée	1.8
Porcelet < 15 kg	0.2
Porcelet entre 15 et 30 kg	0.3
Porcelet entre 30 et 70 kg	0.7
Verrat	1.2

Tableau 1 : Tableau d'équivalence animale pour les porcs

Type d'animal	f_A
Poulet de chair	0.025
Poule pondeuse	0.033
Canard d'élevage	0.050
Canard au gavage	0.033

Tableau 2 : Tableau d'équivalence animale pour les volailles

3. Facteur technique f_T

Le facteur technique f_T est le produit de trois facteurs : le facteur ventilation f_V, le facteur litière f_{LSE} et le facteur alimentation f_F. Le facteur litière f_{LSE} lui-même est le produit de trois sous-facteurs : le facteur "type de litière" f_L, le facteur "stockage" f_S et le facteur "évacuation" f_E.
Donc $f_T=f_Vf_{LSE}f_F$ avec $f_{LSE}=f_Lf_Sf_E$

f_V		
Ventilation dynamique		
	auto-régulée	***non auto-régulée***
Evacuation centralisée avec traitement de l'air	0.3	-
Evacuation verticale avec cheminée dépassant d'1 mètre le faîte du toit, sans coiffe	0.7	0.9
Evacuation verticale avec cheminée arrivant au-dessus du faîte du toit, sans coiffe	1	1.2
Evacuation latérale, les ventilateurs étant dans la façade du bâtiment située du côté opposé aux riverains	0.8	1
Evacuation via le pignon du bâtiment, les ventilateurs étant dans la façade du bâtiment située du côté opposé aux riverains	0.8	1
Autres: • évacuation verticale avec cheminée arrivant en-dessous du faîte; • évacuation latérale, les ventilateurs étant dans la façade du bâtiment située du côté des riverains; • évacuation via le pignon du bâtiment, les ventilateurs étant dans la façade du bâtiment située du côté des riverains; • …	1.2	1.4
Ventilation naturelle		
	Angle faîte/axe des vents dominants > 45°	**Angle faîte/axe des vents dominants ≤ 45°**
Sortie au faîte du bâtiment	0.9	1.1
Sortie au(x) côté(s) du bâtiment	1	1.2
Sortie au pignon du bâtiment	1.2	1.4

Tableau 3 : Tableau relatif au facteur ventilation, pour les porcs et les volailles

f_{LSE} : tableau pour les porcheries							
Type de Litière	f_L	*Stockage*		f_S	*Evacuation*		f_E
Bio-maîtrisée	0.6			1			1
Caillebotis partiel	0.9	Lisier	Sous le caillebotis	1	Lisier	Evacuation journalière	0.7
Caillebotis total	1		En fosse fermée avec toiture rigide en béton	0.7		Evacuation hebdomadaire	0.8
Béton raclé (sans paille)	1.6		En fosse fermée avec toiture flexible gonflante	0.7		Evacuation moins d'une fois par semaine	0.9
			En fosse fermée avec toiture rigide en bois et bardeaux d'asphalte	0.8		Pas d'évacuation	1
			En fosse avec recouvrement de paille, copeaux, …	0.9			
			En fosse ouverte extérieure	2			
Paillage	0.9	Fumier	Stockage en fosse ouverte dans l'exploitation	1.3	Fumier	Evacuation journalière	0.8
			Stockage au champ de fumier sec	1		Evacuation minimale de deux fois par semaine	1
						Autres (paillage insuffisant, évacuation moins fréquente, …)	1.2

Tableau 4 : Tableau relatif au facteur litière pour les porcs

f_{LSE} : tableau pour les volailles					
Type de Litière	f_L	*Stockage*	f_S	*Evacuation*	f_E
Litière sur sol plein sans chauffage au sol	0.7	En bord de champ	1	Une fois par cycle	1
Litière sur sol plein avec chauffage au sol	1	Dans la ferme	1.5		
Caillebotis	1	Sous le caillebotis	1	Une fois par cycle	1.4
		En fosse ouverte à l'extérieur	2	Au moins une fois par jour	0.8
		En fosse fermée à l'extérieur	0.8	Au moins une fois par semaine	0.9
				Moins d'une fois par semaine	1.2
Bande transporteuse sans séchage	0.8	A l'air libre	1	Au moins une fois par jour	0.8
Bande transporteuse avec séchage	0.6	Dans un bâtiment fermé	0.8	Au moins une fois par semaine	1

Tableau 5 : Tableau relatif au facteur litière pour les volailles

Type d'alimentation	f_F
Liquide	1.15
Semi-liquide	1.1
Solide	1

Tableau 6 : Tableau relatif au facteur alimentation pour les porcs et pour les volailles

4. Facteur de dispersion f_D

Type de rugosité dans l'environnement	f_D
Faible	1.2
Moyenne	1
Importante	0.8

Tableau 7 : Tableau relatif au facteur de dispersion pour les porcs et pour les volailles

5. Facteur de voisinage f_R

Type de voisinage	f_D
Zone agricole	0.8
Zone d'habitat à caractère rural	1
Zone d'habitat, zone de loisirs	1.5

Tableau 8 : Tableau relatif au facteur de voisinage pour les porcs et pour les volailles

6. Coefficient d'ajustement α

α=5 dans tous les cas

III. Glossaire

Les mots et expressions suivantes sont fréquemment employés dans le présent rapport. Il a été jugé utile de les définir préalablement afin d'éviter des ambiguïtés au courant de la lecture.

- *fumier :* mélange solide de litière, d'urine et d'excréments d'animaux, à l'exclusion des effluents de volaille;
  Le fumier peut être « sec », c'est-à-dire caractérisé par un taux de matière sèche supérieur à 24 % ou « mou », c'est-à-dire caractérisé par un taux de matière sèche inférieur à 15 % en raison de sa faible teneur en litière, notamment lorsqu'il est issu des aires de raclages.
- *lisier* : mélange de fèces et d'urines, sous forme liquide ou pâteuse;
- *purin* : urines seules diluées ou non, s'écoulant des lieux de résidence des animaux;
- *effluents de volaille* : fumiers + fientes de volaille;
- *fumier de volaille* : déjections de volaille mêlées à de la litière (notamment des copeaux ou de la paille);

- *fientes de volailles* : déjections pures de volaille, qui peuvent être humides, préséchées ou séchées;
- *fumière* : aire réservée au stockage du fumier, à l'exclusion des stabulations et des zones de résidence des animaux;
- *jus ou jus d'écoulement ou écoulement* : liquide provenant de source agricole, à l'exception du purin et du lisier, s'échappant par ruissellement de l'aire ou du réservoir où il est produit ou stocké; les eaux pluviales ne sont pas considérées comme des jus d'écoulement;
- *système de gratte conventionnelle :* principe utilisé en élevage porcin, qui consiste à récolter séparément les fèces et les urines. Sous les caillebotis, un plan incliné permet l'écoulement des urines vers une rigole, elle-même en pente pour assurer une évacuation continue du liquide. Les fèces restent sur le plan incliné et sont évacuées une à deux fois par jour par un système de grattoir (raclette). Ce procédé permet de réduire les odeurs dans le bâtiment en altérant le processus de dégradation du lisier.
- *dalot* : caniveau dallé ou en béton permettant de récolter la fraction liquide des déjections animales et l'orienter vers une fosse ou une pré-fosse.
- *gisoir* : zone du bâtiment d'élevage où les animaux peuvent se reposer et dormir.
- *alimentation biphase* : mode d'alimentation des porcs qui différencie l'aliment selon les phases de leur croissance, en faisant notamment varier la teneur en protéines (donc en azote), ce qui permet d'augmenter le taux de leur absorption et diminue les pertes dans les déjections.
- *caillebotis* : faux plancher constituant le sol de certains locaux dans les bâtiments d'élevage et composé essentiellement de lattes espacées de telle façon que les déjections des animaux puissent passer à travers et s'accumuler dans une fosse située en dessous.
- *conduite de l'élevage en bande* : en production porcine, principe du "all in- all out", qui consiste à peupler un local en une fois et à le vider en une fois;
- *conduite de l'élevage en circuit fermé* : technique d'élevage de porcs où l'éleveur pratique à la fois la production de porcelets et l'engraissement;
- *ventilation naturelle* : renouvellement d'air dans un bâtiment uniquement causé par l'exposition au vent et aux courants thermiques ascendants;
- *ventilation forcée, ventilation mécanique ou ventilation dynamique* : renouvellement d'air dans un bâtiment assisté par des ventilateurs;
- *faîte, faîtière* : arête supérieure du toit;
- *ventilation par faîtière ouverte* : système qui oriente l'air intérieur du bâtiment d'élevage vers une ouverture (réglable) tout le long du faîte du toit.
- *côtés d'un bâtiment* : parois latérales, parallèles au faîte;
- *pignons d'un bâtiment* : parois latérales, perpendiculaires au faîte;
- *tonalité hédonique* : caractère plaisant ou déplaisant d'une odeur;
- *concentration d'odeur* : valeur rigoureusement déterminée par olfactométrie dynamique et mesurée par le nombre de fois qu'il faut diluer l'échantillon odorant prélevé sur le terrain pour atteindre le seuil de perception olfactive; elle est exprimée en unités-odeurs par mètre cube (uo/m^3) et 1 uo/m^3 correspond au seuil de perception d'un individu moyen;
- *débit d'odeur* : produit du débit d'odeur d'un effluent odorant (en uo/m^3) par le débit gazeux de cet effluent (en m^3/s), donnant comme résultat des unités-odeur par seconde (uo/s);
- *percentile* : dans le cadre de cette étude, zone de l'espace limitée par une courbe qui est le lieu des points où une concentration d'odeur donnée est ressentie pendant un certain pourcentage du temps. Par exemple, le percentile 90 correspondant à 5 uo/m^3 est une courbe sur laquelle un riverain ressentirait le niveau de 5 uo/m^3 pendant 10% du temps, et moins de 5 uo/m^3 pendant les 90% restant.

- *climat moyen* : dans le cadre de cette étude, ensemble d'occurrences de combinaisons de vitesse de vent, de direction de vent et de classes de stabilité, basé en général sur un grand nombre d'années d'observations.
- *direction des vents dominants* : en un lieu donné, direction d'origine des vents qui a une fréquence nettement supérieure à celle des vents des autres directions; en Wallonie, il s'agit des directions Sud-Ouest et Nord-Est.

IV. Présentation des différentes techniques d'élevage

Toujours dans l'esprit d'être certain que tout le monde utilise le même langage, il est présenté ici, très brièvement, les différentes techniques d'élevage et de ventilation des bâtiments. Cette partie est assez largement inspirée de la VDI 3474[15] et, dans une moindre mesure, du Mémento de l'éleveur de porcs[19] et d'un numéro des Livrets de l'Agriculture[20].

A. Techniques d'élevage

1. Porcs

a) Techniques avec litière

Dans un élevage multi-surface sur litière (figure 1), les aires de repos, de déjection et d'alimentation sont séparées structurellement. Les aires de repos et d'alimentation sont pourvues de litière et sont séparées de l'aire de déjection par une petite marche. Le fumier est enlevé tous les jours, manuellement ou par des appareils stationnaires et stocké en dehors des bâtiments d'élevage.

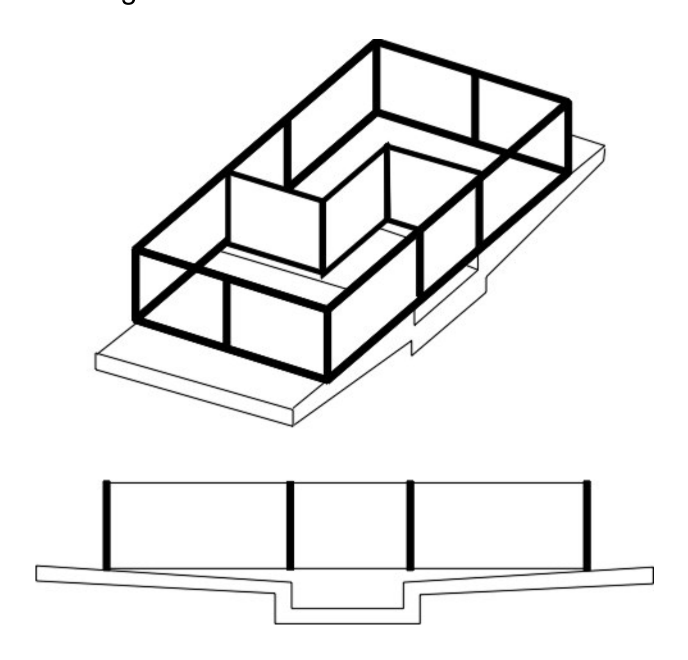
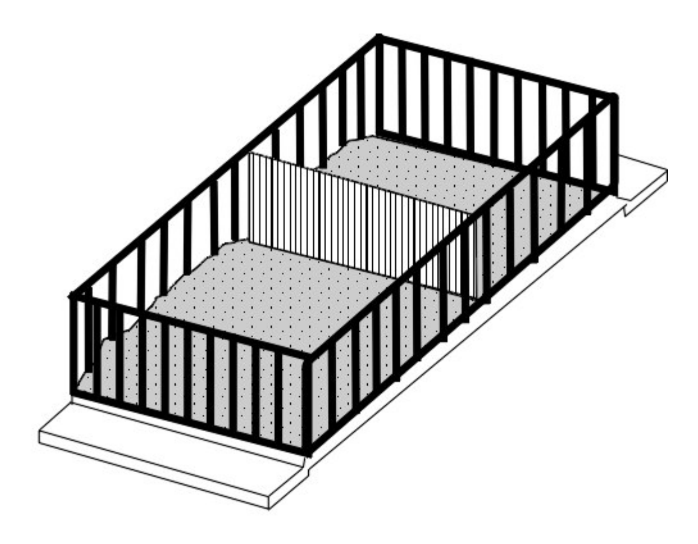


Figure 1 : Elevage multi-surface sur litière

La technique de litière bio-maîtrisée ou litière accumulée suppose un paillage (ou l'apport d'un autre type de litière, comme de la sciure, des copeaux, …) tous les jours ou tous les

deux jours, mais une vidange uniquement en fin de bande, au départ des animaux (figure 2 et photo 1). Les fèces et l'urine sont complètement mélangées à la litière, pour autant que son épaisseur soit suffisante. Le fumier est le siège de fermentations bactériennes, naturellement présentes dans les déjections et on observe une dégradation de la cellulose et de la lignine contenues dans la litière par l'intermédiaire de réactions aérobies. Elle est accompagnée d'une élévation de la température, d'où une évaporation de l'eau et un assèchement de la litière. Bien menée, cette technique doit donc engendrer moins d'odeur.



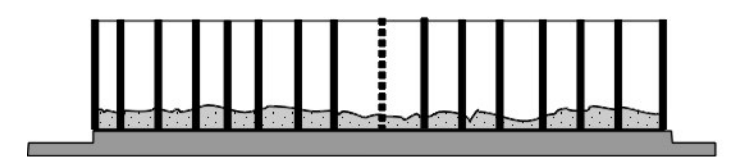


Figure 2 : Litière bio-maîtrisée ou accumulée

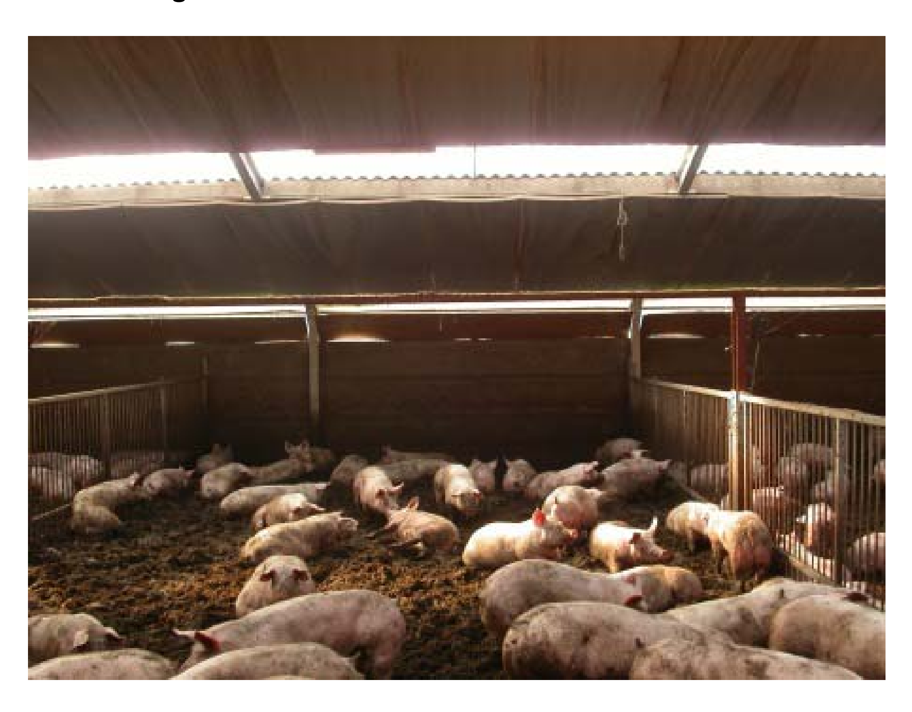


Photo 1 : Exemple d'élevage de porcs en litière bio-maîtrisée

Avec la technique de litière glissante, les loges ne sont pas structurellement divisées en 3 espaces, mais leur inclinaison vers le caniveau de récolte du fumier provoque une division naturelle (figure 3 et photo 2). La nourriture des porcs est placée à l'extrémité la plus élevée de la loge. Les porcs utilisent donc la partie supérieure pour manger et pour se reposer et davantage la partie basse pour déféquer et uriner. La litière mélangée aux excréments est piétinée par les porcs et glisse naturellement vers le bas vers le caniveau. Son enlèvement peut être assuré manuellement ou par des appareil stationnaires (racloir) ou encore par des véhicules manœuvrant dans le couloir.

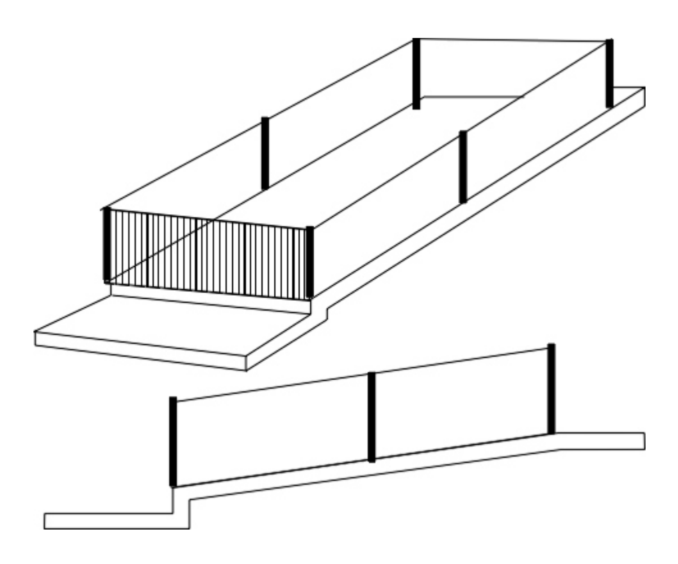


Figure 3 : Litière glissante



Photo 2 : Exemple d'élevage de porcs en litière glissante

b) Techniques sans litière

La technique du caillebotis total (figure 4 et photo 3) implique une surface ajourée sur tout le plancher de la loge des porcs. Les aires de repos, de nourriture et de déjection ne sont pas structurellement séparées. Les déjections passent au travers des lattes du caillebotis, l'urine

en s'écoulant par gravité et les fèces à cause du piétinement des animaux. Le lisier est stocké sous les caillebotis ou conduit par des canaux vers une cuve extérieure.

L'urine et les fèces peuvent également être enlevées séparément.

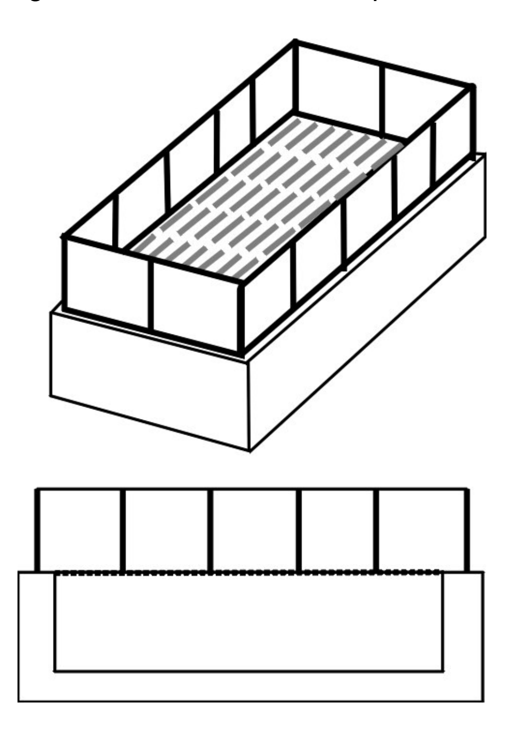


Figure 4 : Caillebotis total



Photo 3 : Piétrains à l'engrais sur caillebotis intégral

Le principe du caillebotis partiel (figure 5) est de mieux séparer les zones de repos, nourriture et déjection. Une partie de l'enclos possède un plancher solide et plat, c'est la zone de repos et de nourriture, et une autre est perforée, c'est la zone de déjection.

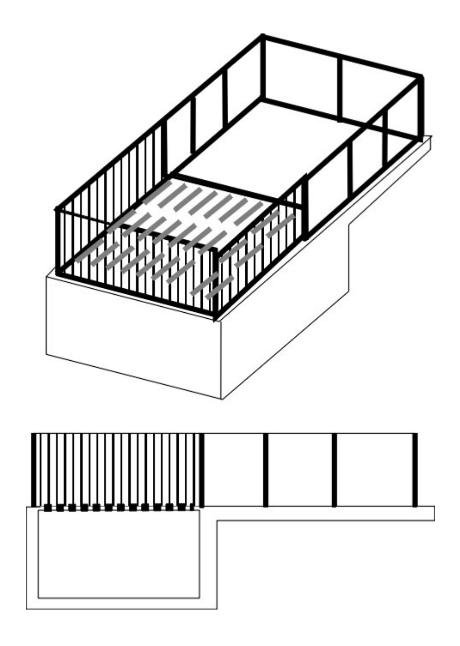


Figure 5 : Caillebotis partiel

2. Volaille

a) Techniques avec litière

La litière sur sol plein peut convenir pour tous les types de volailles (figure 6). La litière est mélangée aux fientes et est évacuée en général par des véhicules après chaque rotation.
Dans le cas de poules pondeuses, le local est divisé en une zone de grattage, avec la litière et les excréments, et un espace de ponte, souvent équipé de perchoirs. Les nids de ponte peuvent prendre jusqu'à 2/3 du local et l'enlèvement du fumier peut être effectué par des bandes transporteuses ou des véhicules. Le bâtiment lui-même peut être en connexion avec une aire extérieure de grattage (élevage "sur parcours" ou "élevage plein air"). L'alimentation est assurée par des mangeoires longitudinales, des abreuvoirs continus, des pipettes ou des coupelles approvisionnées par le haut. Des radians peuvent également être installés pour chauffer certains espaces, notamment pour les poussins.

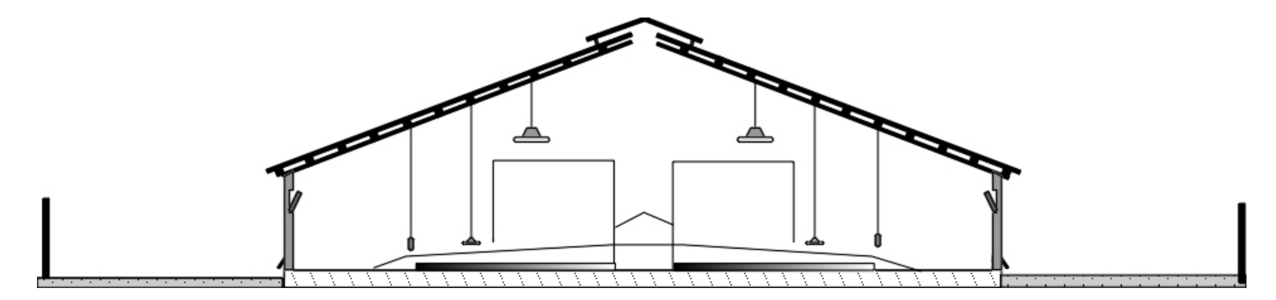


Figure 6 : Local avec litière sur sol plein pour tous les types de volailles

b) Techniques sans litière

L'élevage en cage, sur caillebotis, est en général adapté pour les poules pondeuses (figure 7). Celles-ci sont maintenues dans des cages placées en rangées et sur plusieurs niveaux. Certaines cages peuvent être équipées de perchoirs, nids ou bacs à sable. Les fientes des poules tombent à travers le caillebotis sur une bande transporteuse et sont acheminées vers une aire de stockage. Fréquemment, elles sont pré-séchées au niveau de la bande transporteuse par chauffage et aération. L'œuf roule par gravité dans un conduit et est transporté automatiquement vers la salle de tri et d'emballage. L'élevage en cage est également utilisé pour les canards au gavage.

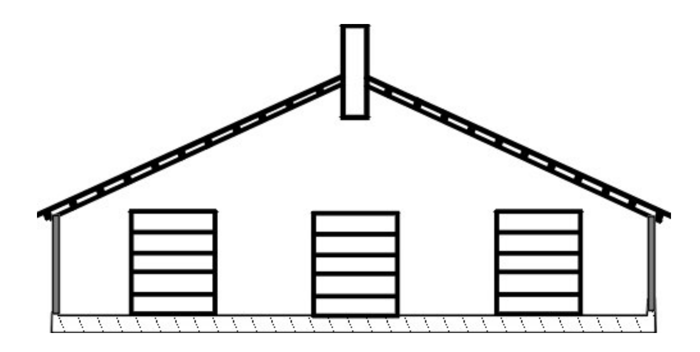


Figure 7 : Elevage en cage pour les poules pondeuses

B. Ventilation

Les bâtiments doivent être ventilés de manière à apporter aux animaux l'air frais indispensable, mais également pour éviter la dégradation des structures (par exemple par des moisissures), pour disperser les produits gazeux du métabolisme et pour dissiper la chaleur. Le système de ventilation est soit naturel, soit forcé.
La ventilation naturelle est générée dans le bâtiment par des effets thermiques et des courants d'air dus à des différences de pression.
Une ventilation forcée implique l'emploi de ventilateurs qui créent une légère pression négative dans le bâtiment. Le débit massique de l'air extrait dépend des conditions climatiques et fait habituellement l'objet d'un contrôle en fonction de la température. Durant la saison d'été, il peut être 10 fois plus important qu'en hiver.

1. Ventilation naturelle

La ventilation par faîtière ouverte (figure 8) implique une entrée d'air dans les sous-toitures (équipées de déflecteurs) ou au dessus des murs de côté et une évacuation de l'air vicié par une fente ménagée tout le long du faîte du toit. Le contrôle du débit peut être garanti par des ouvertures d'entrée et de sortie réglables.

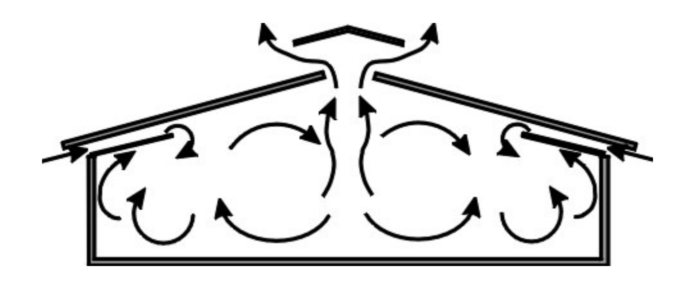


Figure 8 : Ventilation par faîtière ouverte avec conduit d'entrée.

Alternativement, le renouvellement d'air peut être assuré via de larges ouvertures pratiquées dans les murs de côté, dont la section peut être réglable. Il s'agit par défaut d'une ventilation à flux croisé, l'air entrant d'un côté et sortant par les ouvertures du mur opposé. Cependant, le flux d'air peut être assisté en été par une évacuation en toiture.

Les élevages à front ouvert impliquent, eux, un bâtiment fermé de trois côtés et ventilé uniquement par le seul côté ouvert, éventuellement protégé du vent par un filet maillé.

Enfin, l'air peut également entrer par des volets latéraux ou des fenêtres dans les murs de côté ou dans le pignon et ressortir par une ou plusieurs cheminées en toiture.

2. Ventilation forcée

Dans les systèmes de ventilation forcée, l'air peut entrer dans le bâtiment par divers types d'ouvertures: plafonds perforés (photo 4) ou poreux, diffuseurs, gaines transversales ou passant par le sol, volets latéraux ou encore par la porte du couloir (figure 9).



Photo 4 : Exemple de prise d'air par plafond perforé en porcherie

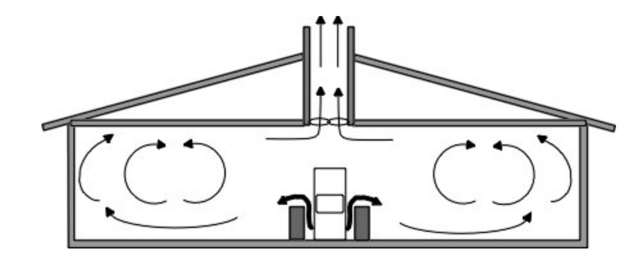


Figure 9 : Conduction forcée d'air entrant par la porte du couloir.

Il ressort alors, aidé par un ventilateur,

- soit en extraction haute, c'est-à-dire lorsque l'air du local est extrait par le haut, via une cheminée (figure 10 et photo 5), via une ouverture dans le mur de côté (figure 11) ou dans le pignon (figure 12).

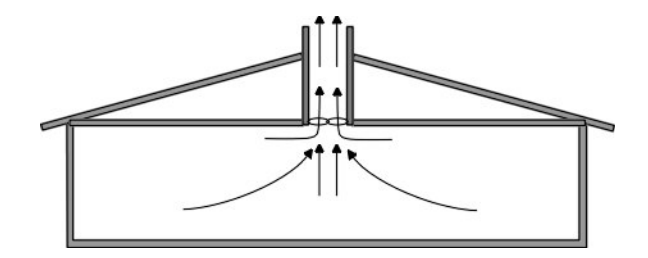


Figure 10 : Extraction haute dans une cheminée équipée d'un ventilateur.



Photo 5 : Exemple de conduit d'extraction en ventilation haute forcée

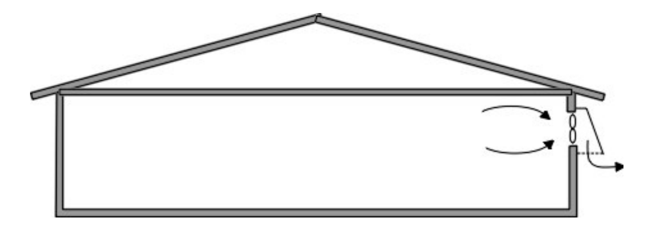


Figure 11 : Extraction haute via un ventilateur placé dans le mur de côté.

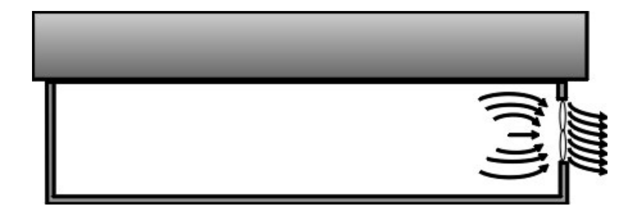


Figure 12 : Extraction haute via un ventilateur placé dans le pignon.

- soit en extraction basse, lorsque l'air est extrait sous le caillebotis (figure 13). Une telle pratique est généralement conseillée pour évacuer efficacement l'ammoniac de la porcherie, mais refoule à l'extérieur les odeurs du lisier.

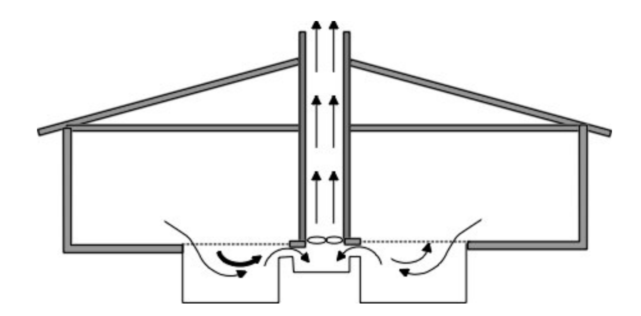


Figure 13 : Extraction basse, par la fosse sous le caillebotis.

L'exutoire en toiture ou dans les parois peut être protégé de la pluie ou muni d'un dispositif de rabattement du flux vers le bas (figure 11). En règle générale une coiffe n'est jamais conseillée en matière d'odeur, car elle évite le mouvement ascendant vers les couches atmosphériques à vitesse d'air plus élevée.

V. Comprendre l'odeur pour mieux la gérer

La perception de l'odeur résulte du dépôt sur les muqueuses olfactives (au fond de la cavité nasale) de molécules odorantes. Selon le vécu des personnes, une odeur induit dans le cerveau des réactions diverses. Cette partie est largement inspirée du document d'Aurore Degré concernant les odeurs en production porcine[5].

A. Les sources d'odeur en porcherie

A l'intérieur des bâtiments porcins, les odeurs peuvent provenir de plusieurs sources : des animaux, des aliments, du lisier, et des différentes surfaces plus ou moins souillées[3]. Cependant, les odeurs dans une porcherie sont principalement dues à la fermentation anaérobie des déjections, c'est-à-dire sans apport d'oxygène. Le lisier sous les animaux est donc en grande partie responsable des odeurs et des gaz émis dans les bâtiments. En moyenne, un porc excrète 7% de son poids chaque jour et les urines représentent 85 % de la quantité globale des déjections.

Le transfert des molécules odorantes vers l'atmosphère dépend de deux phénomènes :
- la formation des composés gazeux dans le liquide;
- le transfert des gaz vers l'atmosphère (diffusion au sein du liquide puis émission).

B. Les gaz

1. Principaux gaz rencontrés

Les gaz émis et composant l'odeur dans une porcherie sont très nombreux : l'ammoniac (NH_3), le sulfure d'hydrogène (H_2S), le skatole, l'indole, le n-butanol, les phénols, les aldéhydes, les cétones,… L'odeur est une impression globale qui résulte du mélange de ces gaz.

2. L’ammoniac

L’ammoniac est le gaz le plus abondant dans une porcherie. Il provient de la décomposition (fermentation anaérobie) de l’urée (présente dans l’urine) sous l’action de l’uréase (enzyme présente dans les fèces). La volatilisation de l’ammoniac peut se produire dès le dépôt des déjections sur les caillebotis et est fonction de plusieurs facteurs tels que la quantité d’urée initiale, l’activité de l’uréase, la température, le pH et la vitesse de l’air. Il est souhaitable pour le maintien de l'état de santé des porcs d'avoir en porcherie des concentrations en ammoniac qui soient les plus faibles possibles et qui, en tout cas, ne dépassent pas 20 à 30 ppm. L'ammoniac est, en effet, un irritant des muqueuses oculaires et respiratoires et peut créer des conditions favorables à l'implantation de germes pathogènes au sein de l'arbre respiratoire[3]. De plus, l’ammoniac contribue à l’acidification de l’air et à l’eutrophisation des eaux de surface. L'ammoniac est donc non seulement néfaste pour les porcs et pour le personnel travaillant dans les bâtiments d'élevage mais aussi pour l'environnement.

3. Le sulfure d’hydrogène

Le sulfure d’hydrogène est émis suite à l’ingestion, via l'alimentation, d’acides aminés soufrés comme la méthionine et la cystéine. C’est le gaz le plus toxique qui soit produit dans un bâtiment d’élevage pour les animaux et les humains. C’est d’ailleurs un gaz très odorant, mais qui paralyse le système olfactif après un certain temps et à partir d’une certaine concentration. Ce gaz est produit par la décomposition anaérobie du fumier (à partir de 10 jours d’entrepôt à l’intérieur d’un bâtiment) et reste en grande partie à l’intérieur du lisier sous forme de petites bulles en suspension. Ces bulles s’échappent rapidement dans l’air lors du brassage du lisier.

4. Paramètres influençant l’émission de ces gaz

Les principaux paramètres qui conditionnent l’émission des gaz sont : *la surface de contact air-déjections, la température et la vitesse de l’air*.

La *surface de contact air-lisier* conditionne le taux d’émission des gaz de manière proportionnelle. Toute augmentation de cette surface avec l’air conduit à une augmentation des émissions de composés gazeux.

La *température ambiante* et la *température de l’effluent* influencent positivement l’émission de gaz en favorisant l’activité bactérienne et en facilitant les réactions de volatilisation.

La *vitesse de l’air* influence le taux d’émission des gaz par le renouvellement qu'elle provoque au-dessus du lisier. Dans un récipient fermé à moitié rempli de lisier, les gaz s’échapperaient du lisier jusqu’à ce que l’air soit saturé. Une fois l’air saturé, il n’y aurait plus d’émission supplémentaire. Il se créerait un équilibre entre les gaz présents dans l’air et les gaz présents dans le lisier. Si par contre l’air saturé est remplacé par de l’air frais, comme en situation réelle, une nouvelle émission de gaz a lieu jusqu’à ce que l’équilibre soit à nouveau atteint. On peut considérer que si de l’air frais passe en continu au-dessus du lisier, l’émission de gaz est permanente.

C. La poussière, vecteur important

Les poussières sont un vecteur important des odeurs. C’est pourquoi tous les éléments susceptibles d’accroître la quantité de poussières présentes dans l’air ambiant de la porcherie favorisent le développement de la gêne olfactive (type d’aliment, mode de distribution, litière,…).

VI. Recommandations pour diminuer des émissions d'odeur et pour favoriser leur dispersion

Gérer son exploitation, dans le respect des bonnes pratiques énoncées ci-dessous est un facteur déterminant dans la lutte contre les odeurs.

A. Environnement propre et sec

Toutes les mesures contribuant à la propreté des bâtiments réduisent les odeurs pour deux raisons. La première est que toute souillure est une surface de contact supplémentaire entre les effluents et l'air ambiant. La deuxième raison est que l'ammoniac est produit dès que l'urée atteint une surface souillée. La propreté de l'installation doit impliquer : les animaux, les sols, les murs et l'environnement autour des bâtiments.

Dans les élevages porcins sur caillebotis partiel, un contrôle optimum de l'environnement par des systèmes de régulation automatique de la ventilation peut contribuer, surtout en été, à s'assurer que les animaux urinent et défèquent sur le caillebotis.

De plus, on évitera un environnement humide ou toutes sources de pertes d'eau pouvant favoriser l'apparition de moisissures. Par exemple, pour les litières dans les poulaillers, chauffer le bâtiment ou placer un système de chauffage dans le sol avant de placer la paille peuvent être une solution.

En conclusion, il ressort de ce paragraphe que le lavage et le maintien de la qualité du béton des planchers, l'évacuation rapide des animaux morts, le nettoyage fréquent des ventilateurs et le maintien de l'étanchéité des abreuvoirs sont des mesures qui réduisent le niveau des odeurs au bâtiment et améliorent la qualité de l'air. De plus ces actions engendrent généralement une amélioration des performances technico-économiques de l'entreprise.

B. Evacuation des effluents et types de litières

1. Cas des lisiers

Dans le cas du caillebotis, l'évacuation régulière des effluents vers une fosse fermée permet de réduire l'émission d'odeur. Différents systèmes se basent sur ce principe :

- système de chasse, de *flushing* au moyen d'eau ou d'une fraction aérée du lisier pour autant que le séchage après l'évacuation ne génère pas d'émissions supplémentaires ;
- gouttière d'évacuation par rinçage ;
- système de grattes nettoyant fréquemment les dalots (fosse sous les caillebotis) ;
- préfosses au-dessus des fosses profondes vidangées une à deux fois par jour (système à syphon). Le Reference Document on Best Available Techniques for Intensive Rearing of Poultry and Pigs » (dit BAT Ref)[16], document de référence de la Commission européenne, recommande ce type d'évacuation, à une fréquence d'évacuation d'une à deux fois par semaine, pour un système de loge sur caillebotis intégral avec système d'évacuation par dépression-aspiration (*Fully-slatted floor with vacuum system*).

Afin d'éviter la production d'H_2S et son relâchement lors de l'évacuation du lisier, on privilégiera une évacuation à une fréquence minimale d'une fois par semaine dans le cas d'un système à siphon. Dans le cas d'un système de gratte, l'évacuation journalière sera conseillée.

Afin de limiter les émissions d'ammoniac et d'odeurs, il serait intéressant de considérer deux grattages par jour. Le premier vers midi et le second vers 20h. Pour ceux qui désirent passer la gratte une fois par jour, il semblerait de mise de la faire fonctionner après 17h00.

Au démarrage, ou au redémarrage après la vidange complète ou partielle des fosses, il faut veiller à mettre un fond d'eau dans les fosses de manière à ce que les premières déjections se mélangent à l'eau et génèrent peu d'odeurs.

Un système récent d'isolement des fèces et des urines permet d'empêcher la formation même du lisier par l'isolement des fèces et de l'urine dès leur défécation par les animaux et assure une évacuation rapide de ces deux phases.

2. Cas des litières paillées

Les litières paillées ou glissantes dans les porcheries doivent être suffisamment paillées et évacuées le plus régulièrement possible vers une structure de stockage extérieure au bâtiment. Dans ces conditions, les réactions de nitrification et de dénitrification qui conduisent à la transformation de l'ammoniac en azote moléculaire non polluant et inodore sont favorisées. Dans ce cas aussi, la maîtrise de la ventilation, de la consommation d'eau (gaspillage, écoulement intempestif, etc.) et de la densité des animaux sont de nature à limiter les odeurs.

3. Séchage des fientes

En poulailler, le séchage des fientes ou les litières sèches inhibent la dégradation microbiologique et de ce fait la production d'odeur. Dans les élevages en batterie, un système de séchage au niveau de la bande transporteuse permettra d'atteindre une teneur en matière sèche comprise entre 40 et 50 %. Une attention toute particulière sera portée à la propreté du tapis, afin d'éviter une accumulation de fientes génératrices d'odeur.

C. Contrôle de l'environnement

Un contrôle de l'environnement de l'exploitation améliore le bien-être de l'animal et le rendement de l'élevage et a une influence significative sur l'émission d'odeur. Un optimum doit être trouvé entre les exigences de température minimale requises par l'élevage et les possibilités de réduire les rejets d'air pollué en minimisant la température d'émission. De manière générale, il faut retenir que toute technique permettant de limiter la température du lisier peut contribuer à la réduction des odeurs.

Dans les bâtiments en élevage porcin équipés de **caillebotis partiels**, il faut veiller à rendre confortable la zone de sol plein afin que les porcs la choisissent comme zone de couchage à tout moment de l'année. Il est important que cette zone soit exempte de courant d'air, de variations de température et d'activités trop intenses afin que leur repos ne soit pas perturbé.

Dans ce cas particulier d'élevage, plusieurs facteurs sont à considérer afin d'avoir une zone de confort optimale :

- installer des entrées d'air pour que l'air froid d'hiver ne crée pas de courant d'air sur la zone bétonnée (zone de confort) ;

- l'ouverture des entrées d'air doit s'ajuster automatiquement en fonction du débit de ventilation afin d'éviter les écarts de température et les courants d'air au niveau de la zone de confort ;
- les trémies d'alimentation devraient être installées au-dessus ou à proximité des lattes du caillebotis, car il y a davantage d'activités autour de celles-ci et il s'agit donc d'une zone privilégiée pour les déjections ;
- les séparations ajourées entre loges voisines incitent les animaux à déféquer à cet endroit, c'est pourquoi elles devraient être installées au niveau du caillebotis ;
- en cas de fortes chaleurs, il est possible que les animaux se couchent sur le caillebotis pour se refroidir et fassent leurs déjections sur le sol plein. Les effluents dégagent alors une odeur très importante. Dans ce cas, un contrôle optimum de l'environnement par des systèmes de régulation automatique de la ventilation peut contribuer, surtout en été, à s'assurer que les animaux urinent et défèquent sur le caillebotis. Une autre solution consiste à rendre confortable la zone de sol plein par un système de serpentins passant dans le béton et parcouru tantôt par de l'eau froide, tantôt par de l'eau tiède en fonction des paramètres climatiques. La zone ainsi rendue confortable est choisie par le porc comme zone de couchage et les déjections sont déposées sur les caillebotis. Pour les porcelets, il existe des gisoirs bombés, en matériaux synthétiques et isolés. Pour les porcs gras, on trouve des gisoirs chauffés en béton et des plaques de béton perforées dont la proportion de plein dépasse 90% et qui couvrent 1/3 de la surface de la loge ;
- la densité d'élevage est un facteur important à prendre en compte car s'il y a trop de porcs par superficie de plancher, la partie bétonnée a plus de chance d'être malpropre par manque d'espace sur les lattes pour y faire les déjections.

D. Alimentation et son stockage

Plusieurs pratiques alimentaires visant l'amélioration générale des performances zootechniques permettent de réduire les rejets en azote qui sont responsables de la formation des gaz azotés particulièrement odorants[5]. Le systèmes d'alimentation biphase, réduisant les apports en protéine brute et en phosphore à la source, est déjà largement utilisé et a fait ses preuves.

Il convient également d'éviter au maximum le gaspillage des aliments, en minimisant les pertes au niveau des abreuvoirs ou des systèmes de distribution des aliments, car les restes de nourriture peuvent créer des poussières odorantes.

E. Stockage des effluents

1. Lisiers

Dans la mesure du possible, les lisiers et les purins sont stockés à la ferme dans des infrastructures de capacité permettant un stockage minimum de 6 mois, étanches et dépourvues de trop-plein. De plus, ces infrastructures de stockage sont aménagées de manière à empêcher les entrées non maîtrisées d'eau de ruissellement ou de toiture. L'étanchéité des infrastructures de stockage pour les lisiers et les purins construites après le 29 novembre 2002 (date de parution au Moniteur belge de l'AGW du 10 octobre 2002 relatif à la gestion durable de l'azote en agriculture) est aisément et constamment vérifiable (Arrêté ministériel du 1er avril 2004 relatif à la mise en conformité des infrastructures de stockage des effluents d'élevage).

La formation d'une croûte à la surface du lisier est une couverture naturelle qui se met en place pour autant que le taux de matière sèche de l'effluent soit important. Les couvertures flottantes sur le lisier peuvent éviter qu'un courant d'air ne conduise à la libération des odeurs.

Pour minimiser l'émission d'odeur dans les bâtiments, il est souhaitable que la fosse sous les porcs soit peu profonde et qu'elle ait une surface la plus faible possible. De nombreux systèmes existent à l'heure actuelle pour limiter les surfaces de contact air-lisier tel que des parois latérales en pente ou des cuves en pente ou encore des fosses en V (photo 6). Avec ce type d'installation, il faut prévoir une évacuation fréquente du lisier vers une fosse extérieure.



Photo 6 : Système de fosse en V avant son placement en porcherie

Les fosses extérieures peuvent être recouvertes par une couverture de différentes natures.

- Les systèmes les plus efficaces, mais aussi les plus chers, sont sans nul doute la couverture en béton et la couverture synthétique. Cette dernière est portée par une structure ou est flottante (photo 7). Il est important de veiller à ce que les nouvelles déjections passent sous la couverture. Les eaux de précipitation s'accumulent préférentiellement sur la toile pour être pompées hors de la fosse. Un système de récupération des gaz peut être mis en place dans ces systèmes de couverture des lisiers.
- Les toitures rigides en bois et bardeaux d'asphalte sont plus résistantes à la corrosion que la tôle. La toiture rigide est plus durable que la toiture flexible et moins sujette aux bris lors d'intempéries. Une bonne aération sous la toiture est toutefois essentielle pour limiter la corrosion des pièces métalliques.
- Une couche de paille de 15 à 20 cm d'épaisseur est soufflée sur le lisier. Son efficacité à réduire les odeurs est d'une durée limitée: entre quelques semaines et quelques mois. Le recouvrement doit être réalisé peu de temps avant la période visée de réduction des odeurs et répété tous les ans. Ce recouvrement étant perméable, il n'élimine pas les eaux de précipitation qui s'accumulent dans la fosse.



Photo 7 : Couverture de fosse extérieure par bâche flottant sur le lisier

Un autre système consiste en l'aération du lisier visant à contrôler la formation des odeurs par le maintien dans le lisier d'une concentration suffisante d'oxygène dissous.

Il existe d'autres systèmes de traitement des odeurs des lisiers tel que le bio-filtre. C'est un procédé d'épuration des gaz par traitement biologique qui est basé sur le principe de la dégradation des polluants par des micro-organismes qui les utilisent comme source énergétique ou métabolique. Les procédés biologiques de traitement d'air reposent sur des transferts des polluants de l'effluent gazeux vers une phase aqueuse située sur un média filtrant en matériaux organiques (tourbes, écorces,…) où se trouvent des micro-organismes capables de les dégrader. Au cours de ces transformations, les polluants sont convertis en CO_2, H_2O, sels minéraux.

Des systèmes de traitement chimique et biochimique du lisier existent. Il s'agit de produits épandus sur le sol du bâtiment, introduits dans la pré-fosse ou dans l'aliment des animaux, ou encore pulvérisés en fines gouttelettes à l'intérieur du bâtiment ou en périphérie. Jusqu'à ce jour, cependant, aucun essai indépendant de ces additifs n'a pu démontrer leur efficacité réelle. Aussi, ils ne peuvent être recommandés pour les seules fins de réduction des odeurs.

2. Fumier

Une dalle en béton étanche doit être prévue pour éviter les infiltrations. Un système de récupération des eaux de pluies et du lisier qui s'écoule du fumier doit être mis en place.

F. Epandage

Afin de garder des bons contact avec le voisinage, de nombreuses petites actions permettent de maintenir l'éleveur en bonnes relations avec ses concitoyens directement incommodés par les activités de transport et d'épandage des lisiers. Ces gestes relèvent plus du civisme que de la technique.

Quelques exemples :

- épandre lorsque les conditions atmosphériques sont propices ;

- choisir un moment d'épandage adéquat : éviter d'épandre fin de semaine, les jours fériés ou lors d'un évènement ponctuel dans le voisinage (mariage, festival) ;
- informer les personnes pouvant être incommodées du moment et du lieu d'épandage ;
- garder les équipements le plus propre possible pour ne pas souiller la route lors du passage.

G. Ventilation

Les bâtiments d'élevage doivent être ventilés pour assurer un renouvellement en air frais au bétail, pour éviter l'apparition de dommage à la construction (champignons, moisissures, etc.), pour disperser les gaz émis et pour évacuer la chaleur produite par les animaux.

Il s'agit cependant de trouver un bon compromis entre le respect des normes sanitaires et la diminution des débits produits, d'où l'intérêt d'une ventilation régulée.

1. Ventilation dynamique

Le système de ventilation autorégulé est à favoriser, du fait qu'il permet une dispersion continue de l'odeur au cours de la journée, évitant de la sorte des pics d'odeur beaucoup plus intense, mais moins fréquents, tout en respectant les normes sanitaires du strict point de vue des performances. Pour les porcs, le débit minimum doit être compris entre 7 et 8 m^3/h/porc et au maximum entre 50 et 80 m^3/h/porc suivant le type de bâtiment, le type de litière et la température extérieure. Pour la volaille, le débit doit être au maximum de 4 m^3/h/kg.

De manière générale, un dispositif d'extraction mécanique est conseillé pour favoriser la dispersion des odeurs, car il est plus facile à réguler et les effluents canalisés sont plus faciles à contrôler.

a) Ventilation verticale

Pour favoriser la dispersion, la vitesse de sortie de l'air et la hauteur de la cheminée au-dessus du faîte du toit doivent être les plus élevées possibles. En effet, une cheminée haute porte les odeurs dans une zone où la vitesse du vent est supérieure à celle observée au niveau du bâtiment. La réduction des odeurs résulte alors d'une grande dilution de l'air de ventilation et d'un rabattement au sol des odeurs à une plus grande distance.

Pour augmenter la vitesse de sortie de l'air, des équipements particuliers existent tels que :
- un étranglement conique dans la cheminée (tuyère) qui permet d'augmenter la vitesse de l'air, à débit équivalent,
- un débrayage automatique permettant, à plus basse température extérieure, de diminuer le nombre de cheminées d'extraction. Le débit global est ainsi diminué, ce qui correspond aux exigences, mais la vitesse de l'air dans le ou les conduits restants demeure importante. C'est préférable à la variation de la tension d'alimentation, qui implique que la vitesse d'air diminue en même temps que le débit global.

Une coiffe au-dessus de la cheminée est toujours à déconseiller. Elle rabat en effet le panache odorant vers le bas et ne sert pratiquement à rien: lorsque la vitesse de l'air est

suffisante, les éventuelles gouttes d'eau sont en effet pulvérisées dans la cheminée avant d'atteindre l'étable.

Un système de ventilation centralisé permet de collecter la totalité des émissions gazeuses des compartiments et de les diriger en un seul point. Ceci autorise une souplesse d'emplacement de la sortie d'air dans le bâtiment et donc son éloignement par rapport aux zones sensibles. De plus, cet équipement permet d'implanter un système de traitement de l'air extrait. Ce type de système est plus adapté pour une nouvelle construction et n'est pas toujours aisé à mettre en œuvre dans une porcherie existante. Il s'agit d'un investissement lourd. Deux types de traitement de l'air existent actuellement :

- la biofiltration : présence de microorganismes qui dégradent les composés odorants de l'air ;
- le lavage de l'air : élimination des gaz en les dissolvant dans un liquide ou en les traitant chimiquement.

A même débit de ventilation, le circuit de l'air dans un bâtiment peut influencer l'émission et la concentration. Par exemple, la circulation de l'air au-dessus du lisier accroît les dégagements. C'est pourquoi les systèmes de ventilation par extraction de l'air sous les caillebotis, favorables à de faibles concentrations dans les locaux et donc à une meilleure qualité de l'ambiance à l'intérieur du bâtiment, sont défavorables d'un point de vue des nuisances olfactives car ils accentuent les rejets. L'augmentation du débit de ventilation pour une température de local maintenue constante (par chauffage) provoque également une diminution des concentrations intérieures, mais une augmentation des rejets par stimulation de l'émission à partir du lisier.

b) Ventilation latérale

La ventilation latérale peut être préconisée dans le cas où les ventilateurs sont munis d'un système de rabat des odeurs vers le sol et si les ventilateurs sont placés du côté du bâtiment qui ne donne pas vers la zone sensible. Par zone sensible on entend la zone d'habitat à caractère rural, la zone d'habitat ou la zone agricole comprenant une habitation.

2. Ventilation naturelle

Pour un fonctionnement efficace de la ventilation naturelle, certaines conditions doivent être rencontrées. Par exemple :

- pour une ventilation par faîtière ouverte, inclinaison du toit minimum de 20° par rapport à l'horizontale pour générer un courant d'air chaud ascendant suffisant ;
- dans le cas de cheminée, il doit y avoir une différence minimale de 3m entre l'entrée d'air frais et la sortie ;
- le dimensionnement de l'entrée et de la sortie d'air doit assurer à la fois le confort des animaux, en fonction de leur nombre et le débit ascensionnel naturel minimal pour ventiler le bâtiment ;
- garantir une libre turbulence de l'air qui entre et qui sort du bâtiment ;
- l'axe du faîte doit être positionné perpendiculairement à l'axe des vents dominants (SO-NE en Wallonie).

3. Ecran boisé

Un écran boisé autour des bâtiments intercepte les odeurs et les poussières provenant de l'air de ventilation. Il crée des turbulences et absorbe ou dégrade une certaine partie des gaz

odorants. De plus, il permet de diminuer les coûts de chauffage et d'améliorer la qualité visuelle du paysage[17,18].

VII. Détermination de la distance minimale

A. Principe et hypothèses de calcul

Il est donc proposé de calculer la distance minimale par la formule (1). Une telle formule présente l'avantage de bien séparer

- l'émission d'odeur, qui peut être assimilée à un débit d'odeur, représentée par l'intérieur de la parenthèse,
- la transmission de l'odeur dans l'environnement, représenté par l'exposant n et par le facteur f_D de dispersion,
- et le caractère hédonique de l'odeur, représenté par le facteur f_R de voisinage.

Les options suivantes ont servi de fils conducteurs à l'ajustement des facteurs:

- pouvoir établir une relation entre les différents éléments de la formule et les paramètres généralement considérés pour appréhender une odeur dans l'environnement (débit et concentration d'odeur, percentiles à l'immission, pourcentage de personnes gênées, …), de manière à pouvoir établir un lien avec d'éventuelles futures réglementations concernant les odeurs en Région wallonne;
- ne considérer que des facteurs de correction multiplicatifs, de manière à apprécier très facilement l'impact des différents critères (animal, technique, dispersion, voisinage) sur la distance calculée;
- pour l'ajustement du facteur f_A, considérer le porc à l'engrais comme référence unitaire et pour celui des facteurs f_D, f_R et f_T, considérer comme valeur "1" la situation correspondant au cas le "plus probable" en Région wallonne actuellement (à l'heure de la rédaction de ce rapport).

Cette dernière option a le double avantage

- de permettre de calculer facilement, en première approximation, une distance "typique" D en fonction d'un débit d'odeur dépendant uniquement du nombre d'équivalents porcs à l'engraissement
- et d'apprécier les valeurs de corrections en "positif" ou en "négatif" par rapport à cette référence.

Il est tout à fait fondamental à ce niveau d'insister sur la signification-même de la distance minimale d'implantation évaluée par la formule. Il s'agit bien d'une distance **d'acceptabilité de la nuisance** et non d'une distance de perception de l'odeur. La nuisance "zéro" étant pratiquement impossible à réaliser, le souci dans la conception d'une telle formule est donc d'estimer à partir de quel niveau d'odeur une nuisance olfactive peut être considérée comme "acceptable" par une catégorie de population donnée et dans un contexte donné. La description méthodologique qui suit s'attachera donc notamment à établir un lien entre ce concept subjectif d'acceptabilité de la nuisance et les éléments plus objectifs de niveau d'odeur à l'immission.

Enfin, rappelons que le cahier des charges a exclu de la réflexion le cas des porcheries en plein air, car la concentration et le débit d'odeur qu'elles génèrent ne peuvent être évaluée de la même manière que pour les élevages en milieu confiné.

Dans le même esprit, la formule (1) n'a pas pris en compte l'épandage du fumier ou du lisier dans les prairies et dans les champs. Le problème des odeurs qu'il génère, bien que loin d'être anodin, fait en effet appel à des considérations tout à fait différentes.

B. Méthodologie de validation de la formule de calcul des distances

L'ajustement des paramètres et la validation de la formule de calcul (1) sont basés sur plusieurs approches:

- une discussion avec divers spécialistes des différents domaines impliqués,
- une trentaine de visites de terrain dans des élevages de porcs et de volaille,
- l'état de l'art en la matière, obtenu par un survol de la littérature,
- une confrontation de la formule avec les résultats de calcul d'un modèle de dispersion atmosphérique adapté aux odeurs.

1. Consultation d'experts

Les experts des associations, entreprises et administrations suivantes ont été consultés:
- la Filière Porcine Wallonne
- la Filière Avicole et Cunicole Wallonne,
- l'Institut Technique de l'Aviculture en France,
- la Direction Générale de l'Agriculture (DGA)-Direction de l'Espace Rural
- trois bureaux d'études spécialisés en environnement
- plusieurs firmes d'alimentation du bétail et de construction de bâtiments d'élevage (notamment lors de contacts informels aux salons AGRIBEX, BEST et POLLUTEC)
- trois firmes spécialisées en ventilation des étables
- l'Association Wallonne des Eleveurs de Porcs
- et, bien entendu, la DPA de la DGRNE, commanditaire de cette étude.

Les auteurs de ce rapport remercient vivement toutes ces personnes qui ont accepté de participer à l'étude.

2. Visites de terrain

Les visites de terrain devaient servir à ajuster les paramètres de la formule et à en apprécier la faisabilité en évaluant notamment la disponibilité de l'information requise.
Pour ce faire, les élevages sélectionnés ont été visités et une discussion avec le propriétaire a permis chaque fois d'aborder les divers éléments de manière concrète. La distance de perception et le débit d'odeur ont été grossièrement estimés par un "tour odeur" et l'utilisation d'un modèle de dispersion atmosphérique (voir les détails plus loin). Pour certains élevages, il a été procédé à une mesure de la vitesse d'air dans les conduits de ventilation afin de pouvoir en déduire le débit sortant d'un bâtiment en ventilation dynamique.
Un questionnaire de terrain a été conçu de manière à obtenir clairement et rapidement l'intégralité des paramètres requis. Les deux versions du questionnaire, l'une pour les porcheries et l'autre pour les élevages de volaille sont présentés en annexe. Ceux-ci ont été réalisés en concertation avec les responsables des deux filières, en étant notamment attentif à la justesse des termes employés ainsi qu'à la pertinence et la cohérence des différents facteurs avec la réalité de terrain.

La sélection des différents élevages s'est tout d'abord basée sur leur répartition géographique. Afin de garantir une couverture homogène de l'échantillon sur l'ensemble du territoire wallon, le nombre d'élevage visités par région agricole a été fixé proportionnellement au nombre d'élevages existant par région. Ensuite interviennent les critères relatifs aux techniques d'élevage. De manière à cibler les cas les plus représentatifs, ceux-ci avaient initialement sélectionnés comme suit:

Pour les porcheries :

- Installations avec ventilation naturelle
  - litière:
    - paillage 1
    - caillebotis total – stockage fermé 2
    - caillebotis total – stockage ouvert 3
- Installations avec ventilation naturelle auto-régulée
  - litière:
    - bio-maîtrisée 4
    - paillage 5
    - caillebotis partiel 6
    - caillebotis total 7
- Installations avec ventilation mécanique
  - litière:
    - bio-maîtrisée 8
    - paillage 9
    - caillebotis partiel :
      - évacuation latérale 10
      - évacuation verticale ≤0.5 m au-dessus du faîte 11
      - évacuation verticale >0.5 m au-dessus du faîte 12
    - caillebotis total 13
- + 1 cas où l'alimentation serait constituée de liquides ou de sérums 14
- + 1 cas mixte porcs/bovins 15

Pour les élevages de volaille

- Poulets
  - Influence du type de litière (ventilation naturelle)
    - pailles entières 1
    - pailles hachées 2
    - copeaux de bois 3
  - Influence du type d'évacuation en ventilation dynamique
    - évacuation latérale 4
    - évacuation verticale ≤0.5 m au-dessus du faîte 5
    - évacuation verticale >0.5 m au-dessus du faîte 6
  - Influence du système de séchage des fientes
    - pré-séchage 7
    - tunnel 8
- Poules pondeuses
  - Sur litière
    - ventilation naturelle (en faîtière) 9
    - ventilation dynamique 10
    - couplage des deux systèmes 11
  - En batteries
    - ventilation dynamique 12
- Canards
  - Gavage 13
  - Elevage 14
- + 1 cas mixte volailles/bovins 15

Ce plan d'échantillonnage idéal a néanmoins fait l'objet de certaines adaptations nécessitées par les contraintes de l'époque d'investigation et par la faisabilité. Ainsi, l'accès à la plupart des poulaillers a été limité par les restrictions dues à la grippe aviaire. Les visites de poulaillers se sont donc souvent résumées à la discussion avec l'éleveur et au "tour odeur".
Par ailleurs, il a été rapidement constaté que la mesure ponctuelle de la vitesse d'air dans les conduits d'aération (photo 8), bien qu'intéressante pour se fixer des ordres de grandeur, ne pouvait pas être extrapolée à l'année entière. Cette valeur n'a pas vraiment été exploitée dans le traitement des données.
Le détail des installations visitées est présenté plus loin.

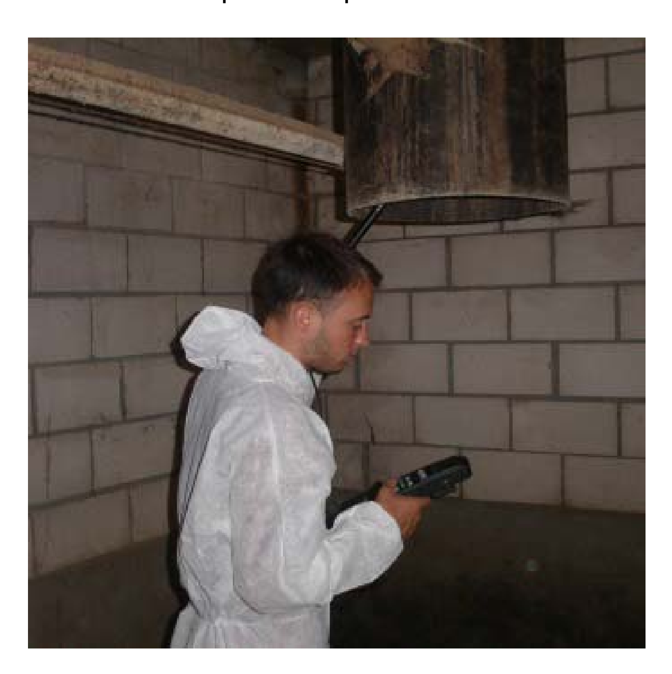


Photo 8 : Mesure de la vitesse d'air par micro-anémomètre dans les conduits d'aération

3. Mesures d'odeur et modèle de dispersion

a) Principe

La méthode utilisée pour évaluer la distance maximale de nuisance olfactive s'inspire d'une méthodologie plus générale déjà appliquée par l'équipe d'Arlon dans le cadre d'un certain nombre d'études (12 centres d'enfouissement techniques et 8 entreprises diverses). Sa pertinence et ses limites sont décrites dans une publication récente[12].

En résumé, par rapport à la plupart des démarches qui consistent à calculer une concentration d'odeur à l'immission (dans l'environnement) à partir d'un débit d'odeur mesuré à la source, la particularité de la présente approche est qu'elle mesure l'effet à l'immission et en déduit le débit d'odeur à la source. La démarche d'estimation du débit d'odeur est donc essentiellement déductive. Comme pour les autres méthodes, la concentration moyenne annuelle dans l'environnement est ensuite évaluée, au cours d'une seconde étape, prospective cette fois, à partir du débit d'odeur ainsi estimé.

Un ou plusieurs observateurs sont chargés de parcourir la région affectée par la pollution olfactive. Ils définissent sur le terrain la courbe limite de perception de l'odeur étudiée. Durant

la même période, les données météorologiques sont enregistrées: vitesse et direction du vent, température et radiation solaire (photo 9). La vitesse et la direction du vent seront utilisées telles quelles. Le rayonnement solaire et la vitesse du vent servent à définir les conditions de stabilité de l'atmosphère, résumées par la classe de stabilité de Pasquill. Six classes sont ainsi définies, de A ("extrêmement instable") à F ("extrêmement stable").



Photo 9 : Placement de la station météo pour les mesures d'odeurs sur le terrain

Ces données sont introduites dans un modèle de dispersion bi-gaussien. La simulation vise alors à ajuster le débit d'émission d'odeur (en uo/s) qui produirait, avec les conditions météorologiques du moment, la courbe limite réellement observée sur le terrain, c'est-à-dire, par définition, celle correspondant à 1 uo/m^3.

Ce "rétro-calcul" permet donc d'évaluer le débit d'émission propre à cette période de mesure. En considérant une dizaine de telles périodes, étalées dans le temps et si possible avec différentes conditions de climat et d'exploitation, la méthode permettra donc d'évaluer une dizaine de débits d'odeurs. Dans le cas présent, une seule "promenade" de terrain a été effectuée par site. Comme la méthode implique en général une dizaine de mesures, la moyenne des débits ainsi estimés pour un site donné peut être considérée comme débit d'odeur typique du site. Dans la présente étude, ce débit est uniquement indicatif, puisqu'il est basé sur une seule mesure. La distance qui en sera déduite ne peut donc constituer qu'un des critères de validation de la méthode, parmi plusieurs critères possibles.

Dans une seconde étape, ce débit "typique" est introduit comme donnée d'entrée dans le modèle de dispersion pour calculer un percentile moyen annuel de dépassement de niveau d'odeur.

Pour cela, on utilise généralement le climat moyen de la station du réseau synoptique de l'IRM la plus proche du site étudié. Le climat "moyen" est un ensemble d'occurrences de combinaisons de vitesse de vent, de direction de vent et de classe de stabilité, basé en général sur une trentaine d'années d'observations.

Le percentile résultant correspond à une concentration donnée d'odeur. Ainsi par exemple, par définition, le percentile 90 correspondant à 5 uo/m^3 délimite une zone à l'extérieur de laquelle on reste sous le niveau de 5uo/m^3 pendant plus de 90% du temps (ou, exprimé autrement, où le niveau de 5 uo/m^3 est atteint ou dépassé pendant moins de 10% du temps). En se rappelant que 1 uo/m^3 représente la concentration de l'odeur à la limite de perception, le percentile 98 à 1 uo/m^3 définit notamment une zone à l'extérieur de laquelle l'odeur est perçue pendant moins de 2% du temps.

b) Choix du percentile

Il va sans dire que plusieurs zones pourraient être ainsi définies, selon la combinaison percentile/valeur correspondante de la concentration d'odeur. L'essentiel pour une étude donnée est toujours de conserver une même définition des zones de nuisance d'un cas à l'autre, de manière à pouvoir les comparer entre eux.

Remarquons tout d'abord que plusieurs combinaisons percentile/concentration peuvent correspondre à une même zone, ou tout au moins à une distance moyenne équivalente à partir de la source.
La figure 14 montre les contours d'iso-distances obtenus par le logiciel de dispersion atmosphérique Tropos (modèle bi-gaussien et algorithme de Gifford spécifique aux odeurs), un débit de 20 000 uo/s et le climat moyen de Uccle.
Les distances référencées sur les contours sont les rayons des cercles de surface équivalente à celle de la zone délimitée par le percentile.

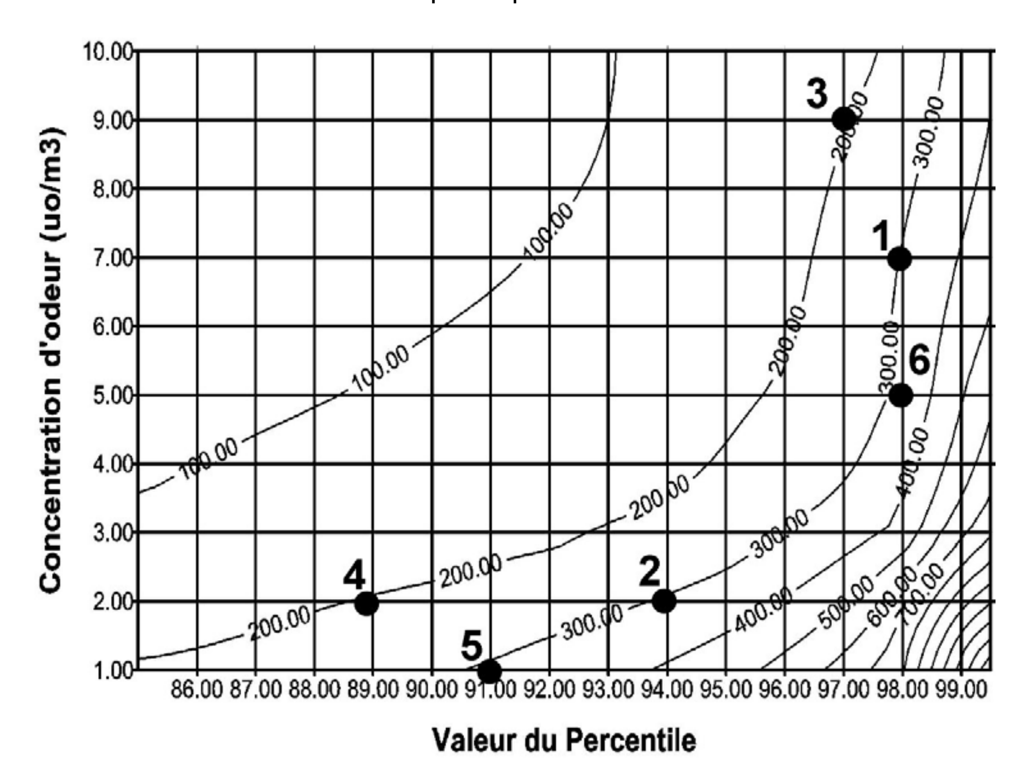


Figure 14 : Contours identifiant les lieux des points de distances équivalentes dans le plan percentile/concentration d'odeur.

On peut ainsi remarquer que le percentile 98 correspondant à 7 uo/m^3 (point 1) représente dans l'espace une zone à peu près équivalente à celle définie par le percentile 94 pour 2 uo/m^3 (point 2), soit une distance moyenne de 300 mètres à partir de la source. De même

un rayon moyen de 200 mètres correspond aussi bien au P97 & 9 uo/m^3 (point 3) qu'au P89 & 2 uo/m^3 (point 4).

Classiquement, 1 uo/m^3 est définie comme la concentration au seuil de perception olfactive ; 3 uo/m^3 est la concentration au seuil de reconnaissance de l'odeur (on distingue par exemple une odeur de porcherie d'une odeur de station d'épuration) et 5 uo/m^3 serait le seuil de nuisance. Or, la figure et les remarques précédentes prouvent par exemple que percevoir l'odeur pendant 9% du temps à une distance d'un peu plus de 300 mètres (P91 & 1 uo/m^3, point 5) correspond approximativement à ressentir une nuisance à la même distance pendant 2% du temps (P98 & 5 uo/m^3, point 6).

Le choix d'un couple percentile/concentration reste donc assez arbitraire, d'autant plus que, dans notre cas, c'est bien une distance d'acceptabilité de la nuisance qu'il faut définir.

Nous avons préféré faire référence à une étude de type sociologique pour définir cette zone. Ainsi, Hayes, Curran et Dodd, de l'université de Dublin, en Irlande[13] ont d'abord établi une relation entre la concentration d'une odeur d'élevage (de volaille en l'occurrence) et son intensité, grâce à un panel de 8 personnes. Ils ont ensuite défini une intensité qui pouvait être considérée comme seuil de nuisance pour la population avoisinante et de là, ont considéré que le critère P98 & 9.7 uo/m^3 pouvait définir la zone en dehors de laquelle l'odeur est "acceptable".
Nous avons arrondi ce critère à **P98 & 10 uo/m^3**.
A titre illustratif, pour le débit de 20 000 uo/m^3 et le climat de Uccle choisis pour dessiner la figure ci-dessus, ce critère correspondrait à un peu plus de 200 mètres.

Une telle approche est cohérente avec la tendance actuelle en matière de réglementation des odeurs. Ainsi, on distingue

- l'émission de l'odeur, caractérisée par un débit d'odeur en uo/s,
- l'immission de l'odeur, que certains scientifiques définissent par la valeur en uo/m^3 relative au contour déterminé par le percentile 98. Donc, par exemple, une immission C98 de 8 uo/m^3 pour un riverain donné signifie que la concentration de 8 uo/m^3 est atteinte pendant 2% du temps (et le reste du temps, la concentration est inférieure),
- la nuisance olfactive dans l'environnement, estimée par un pourcentage de personnes gênées par l'odeur, sur base de son intensité et de son caractère hédonique.

Une étude sociologique intéressante a été réalisée en Hollande[14]. Sur base d'une enquête menée sur plus de 2000 personnes, et pour des odeurs d'élevage, la correspondance suivante a été trouvée : 10%, 20% et 30% de personnes gênées respectivement pour les concentrations de 3, 12 et 28 uo/m^3 au percentile 98. Le critère P98 & 10 uo/m^3 correspondrait dans ces conditions à environ 18% de personnes gênées par l'odeur.

c) Choix de la station météo de référence

Le percentile calculé par le modèle est valable pour un climat moyen. Rigoureusement, il faudrait choisir chaque fois le climat correspondant à la station météo de l'IRM la plus proche du site étudié. Une telle démarche est possible, puisque les données sont disponibles pour une vingtaine de stations en Région wallonne. Cependant, ce ne serait probablement pas la manière la plus pertinente de travailler, puisque les calculs devraient être adaptés au cas par cas. Une démarche plus élégante consiste à établir des distances de manière générale, puis de les faire correspondre a posteriori aux différents cas étudiés. Pour cette raison, nous avons préféré utiliser uniquement le climat enregistré à Uccle et qui résume des statistiques sur une trentaine d'années. Ce choix est justifié par la figure 15, qui montre les courbes obtenues par le logiciel canadien Tropos pour le percentile 98 et 1 uo/m^3 pour 6 stations différentes en Wallonie (Uccle étant repéré en trait plus gras).

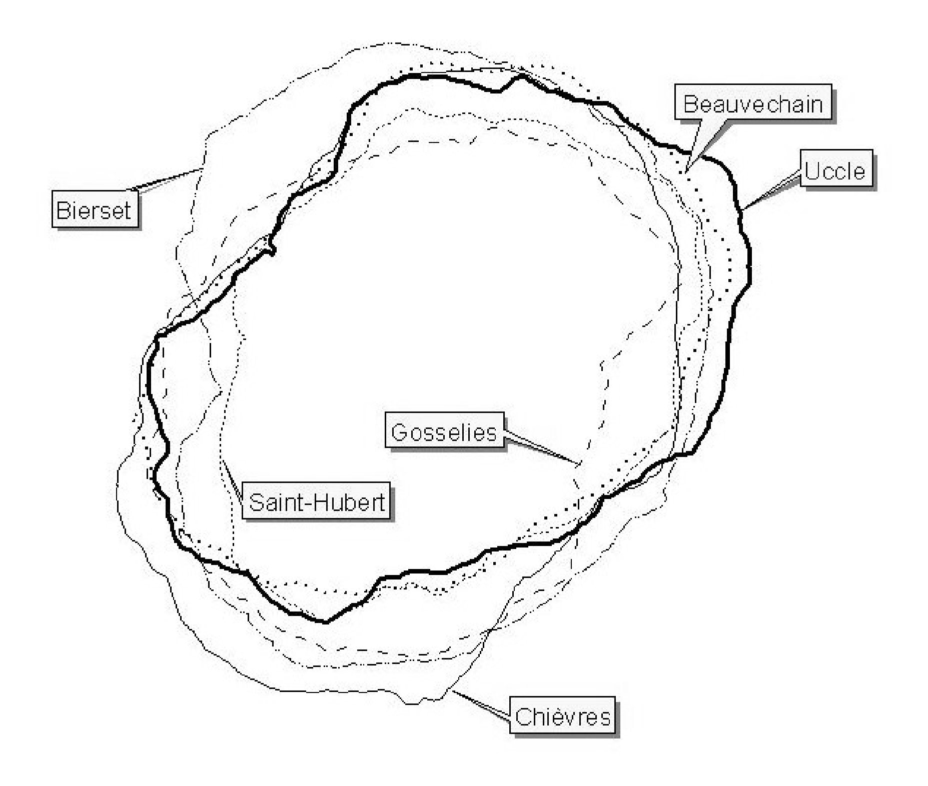


Figure 15 : Dessins des percentiles 98 pour 1 uo/m³ pour 6 climats moyens en Wallonie.

Comme on peut le constater, les différences ne sont pas fondamentalement différentes entre les zones ainsi définies pour les 6 stations. Le choix de Uccle comme seule station de référence peut donc se justifier.

d) Choix du critère de distance

Les zones définies par les percentiles sont des sortes d'ellipses allongées dans le sens des vents dominants. Or, le principe des lignes-guides est de calculer une distance unique à respecter tout autour des bâtiments d'élevage. Comme le percentile définit une zone beaucoup plus complexe, il est difficile de faire un choix de la distance-type : la distance maximale dans le sens des vents dominants (N-E) ? une moyenne entre la plus grande et la plus petite distance ? …
Pour déduire des mesures et du percentile résultant une distance "moyenne", l'option de cette étude a été de calculer la surface S de la zone définie par le percentile, puis de calculer le rayon R du cercle de même surface, soit

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}} \qquad (2)$$

La figure 16 illustre ce choix.

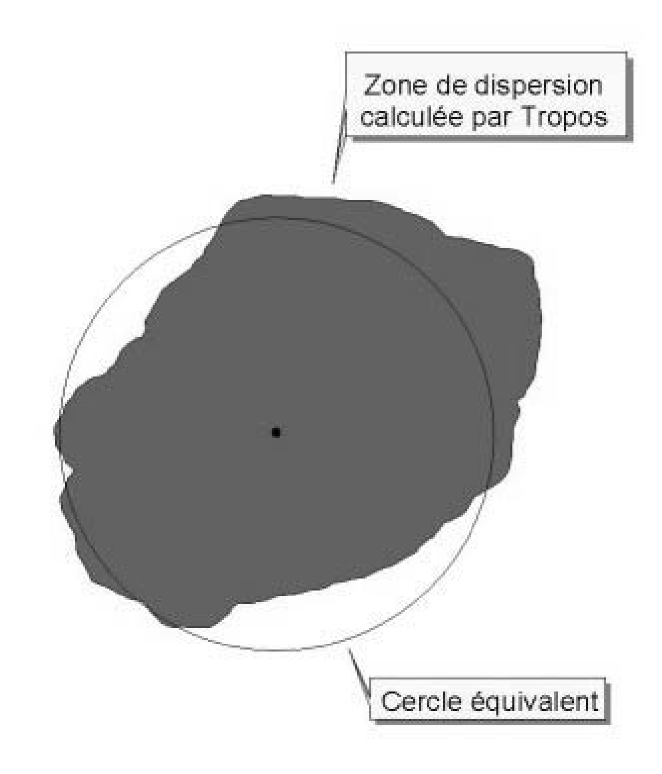


Figure 16 : Cercle équivalent à la zone de dispersion délimitée par le percentile

C. Présentation de la trentaine de cas de terrain

Le texte qui suit présente la trentaine de cas envisagés dans le cadre de cette étude. Tous les éleveurs concernés ont accepté que leurs installations soient intégrées dans l'étude de cas. Nous les en remercions vivement. Pour des raisons évidentes de respect de la confidentialité, les élevages ont été rendus anonymes.

1. Porcheries

a) Exploitation P1 visitée le 02/09/05.

Région : Ardenne.
Type d'élevage : engraissement-élevage.

1) Dispersion : rugosité faible, pas d'obstacles d'une hauteur > 1,5 m.

2) Voisinage :
- première habitation : zone d'habitat à caractère rural ;
- porcherie : zone agricole ;
- distance à la 1^{ére} habitation: 50 m ;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 5 m.

3) Animaux :
- nombre de truies gestantes: 200
- nombre de truies + portée: 30
- nombre de porcelets < 15 kg: 450
- nombre de porcelets entre 15 et 30 kg: 500

- nombre de porcelets entre 30 et 70 kg: 600
- nombre de porcs à l'engrais (finition): 540
- nombre de verrats: 2

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - litière biomaîtrisée (pour 64% du $N*f_A$) et caillebotis total ;
  - stockage du fumier/lisier : Sous les animaux ;
- Ventilation
  - évacuation latérale, les ventilateurs étant dans la façade du bâtiment située du côté opposé aux riverains.
  - sorties aux côtés des bâtiments.
- Alimentation sèche et liquide.
- Hygiène assez mauvaise.

b) Exploitation P2, visitée le 27/07/05.

Région : Pays de Herve.
Type d'élevage : truies en circuit fermé.

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité moyenne

2) Voisinage :
- première habitation : zone d'habitat à caractère rural ;
- porcherie : zone agricole ;
- distance à la 1^{ére} habitation: 290 m ;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 113 m.

3) Animaux :
- nombre de truies gestantes: 37
- nombre de truies + portée: 13
- nombre de porcelets < 15 kg: 90
- nombre de porcelets entre 15 et 30 kg: 100
- nombre de porcelets entre 30 et 70 kg: 100
- nombre de porcs à l'engrais (finition): 100
- nombre de verrats: 1

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - caillebotis total ;
  - stockage du fumier/lisier sous les animaux ;
- Ventilation
  - Evacuation latérale, les 11 ventilateurs étant dans la façade du bâtiment située du côté opposé aux riverains.
- Alimentation sèche.
- Bonne hygiène.

c) Exploitation P3, visitée le 8/11/05.

Région : Ardenne
Type d'élevage : circuit fermé (truie-post sevrage-engraissement).

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité faible

2) Voisinage :
- première habitation : zone d'habitat à caractère rural ;
- porcherie : zone agricole ;
- distance à la 1ère habitation: 316 m ;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 188 m.

3) Animaux :
- nombre de truies gestantes: 100
- nombre de truies + portée: 12
- nombre de porcelets < 15 kg: 140
- nombre de porcelets entre 15 et 30 kg: 420
- nombre de porcelets entre 30 et 70 kg: 400
- nombre de verrats: 1

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - caillebotis total (truies) ; caillebotis partiel (post sevrage) ; litière glissante (engraissement).
  - stockage du fumier/lisier en bord de champ ou tas de fumier dans la ferme où le fumier est constitué d'un mélange avec celui de l'élevage bovin parental/Sous les animaux avec fosse principale sous les truies ;
- Ventilation
  - Evacuation verticale avec cheminée au dessus du faîte (maternité et post sevrage), ventilation naturelle (gestation et engraissement).
- Alimentation sèche.
- Bonne hygiène.

d) Exploitation P4, visitée le 16/09/05.

Région : Limoneuse
Type d'élevage : engraissement.

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité moyenne

2) Voisinage :
- première habitation : zone d'habitat à caractère rural ;
- porcherie : zone agricole ;
- distance à la 1ère habitation: 78 m ;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 0 m.

3) Animaux :
- nombre de porcelets entre 15 et 30 kg (en réalité entre 20 et 40 kg): 450
- nombre de porcelets entre 30 et 70 kg (en réalité entre 40 et 110 kg): 450
- nombre de porcs à l'engrais (finition): 250

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - caillebotis total et litière bio-maîtrisée pour l'engraissement ;
  - stockage du fumier/lisier en bord de champ et sous les animaux ;
  - évacuation : 30 jours
- Ventilation

  - Ventilation auto-régulée verticale avec 10 cheminées au dessus du faîte + ventilation latérale.
- Alimentation sèche.
- Hygiène moyenne (odeur d'ammoniac).

e) Exploitation P5, visitée le 27/07/05.

Région : Pays de Herve
Type d'élevage : circuit fermé.

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité faible

2) Voisinage :
- première habitation : zone agricole ;
- porcherie : zone agricole ;
- distance à la 1ére habitation: 150 m ;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 166 m.

3) Animaux :
- nombre de truies gestantes: 50
- nombre de truies avec portée : 20 (120 porcelets)
- nombre de porcelets < 15 kg: 120
- nombre de porcelets entre 15 et 30 kg: 125
- nombre de porcelets entre 30 et 70 kg: 125
- nombre de porcs à l'engrais (finition): 250

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - caillebotis partiel ;
  - stockage du lisier sous les animaux ;
  - évacuation tous les deux mois vers une cuve plus grande
- Ventilation
  - Ventilation auto-régulée verticale avec cheminées, entrée d'air par plafonds perforés.
- Alimentation sèche.
- Hygiène moyenne.

f) Exploitation P6, visitée le 20/10/05.

Région : Limoneuse.
Type d'élevage : engraissement.

1) Dispersion : environnement assez dégagé, rugosité moyenne.

2) Voisinage :
- première habitation : zone d'habitat ;
- porcherie : zone d'activité économique industrielle ;
- distance à la 1ére habitation: 30 m ;

3) Animaux :
- nombre de porcelets entre 30 et 70 kg: 300
- nombre de porcs à l'engrais (finition): 150

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - caillebotis total ;
  - stockage du lisier : sous les animaux ;
  - évacuation en fin de cycle, quand la cuve est pleine.
- Ventilation
  - évacuation latérale.
- Alimentation sèche.
- Hygiène assez mauvaise.

g) Exploitation P7, visitée le 05/12/05.

Région : Pays de Herve.
Type d'élevage : truies – production de porcelets.

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité faible.

2) Voisinage :
- première habitation : zone agricole ;
- porcherie : zone agricole ;
- distance à la 1ére habitation: 150 m ;

3) Animaux :
- nombre de truies gestantes (capacité maximum): 415
- nombre de truies + portée (capacité maximum): 216
- jeunes truies: 116
- nombre de porcelets < 15 kg (capacité maximum): 2160

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - caillebotis total et partiel ;
  - stockage du lisier sous les animaux ;
  - évacuation en fin de cycle vers une cuve principale, ensuite, évacuation quand la cuve principale est pleine
- Ventilation
  - ventilation latérale avec 8 ventilateurs dans les loges pour la mise bas et 3 ventilateurs + ventilation naturelle pour la gestation.
- Alimentation bouillie.
- Bonne hygiène.

h) Exploitation P8, visitée le 09/09/05.

Région : Condroz.
Type d'élevage : engraissement.

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité faible.

2) Voisinage :
- première habitation : zone d'habitat à caractère rural ;
- porcherie : zone agricole ;
- distance à la 1ére habitation: 54 m ;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 0 m.

3) Animaux :
- nombre de porcs à l'engrais (finition): 180

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - caillebotis total ;
  - stockage du lisier sous les animaux ;
  - évacuation en fin de cycle.
- Ventilation
  - ventilation verticale avec 3 cheminées dépassant d'un mètre le faîte du toit, sans coiffe.
- Alimentation sèche
- Bonne hygiène.

i) Exploitation P9, visitée le 20/10/05.

Région : Limoneuse.
Type d'élevage : circuit fermé.

1) Dispersion : environnement dégagé rugosité faible.

2) Voisinage :
- première habitation : zone d'habitat ;
- porcherie : zone agricole ;
- distance à la 1ére habitation: 21m ;

3) Animaux :
- nombre de truies gestantes et truies avec portée: 400
- nombre de porcelets < 15 kg: 1000
- nombre de porcelets entre 15 et 30 kg: 700
- nombre de porcelets entre 30 et 70 kg et porcs à l'engrais (finition) : 2200
- nombre de verrats: 9

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - caillebotis total ;
  - stockage du lisier sous les animaux + citerne extérieure couverte avec bâche en plastique ;
  - évacuation en fin de cycle.
- Ventilation
  - ventilation verticale avec cheminée arrivant en-dessous du faîte du toit + ventilation naturelle avec une bonne orientation du bâtiment
- Alimentation sèche.
- Bonne hygiène.

j) Exploitation P10, visitée le 07/09/05.

Région : Ardenne.
Type d'élevage : circuit fermé.

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité faible.

2) Voisinage :

- première habitation : zone agricole ;
- porcherie : zone agricole ;
- distance à la 1ére habitation: 60 m ;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 375 m.

3) Animaux :
- nombre de truies gestantes: 30
- nombre de truies + portée: 10
- nombre de porcelets < 15 kg: 30
- nombre de porcelets entre 15 et 30 kg: 72
- nombre de porcelets entre 30 et 70 kg: 70
- nombre de porcs à l'engrais (finition): 120

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - paillage ;
  - stockage du fumier en tas à l'extérieur, dans une fosse ouverte ;
  - évacuation tous les 2-3 jours
- Ventilation
  - ventilation naturelle avec une mauvaise orientation du bâtiment
- Alimentation sèche.
- Bonne hygiène.

k) Exploitation P11, visitée le 09/09/05.

Région : Limoneuse.
Type d'élevage : engraissement.

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité faible.

2) Voisinage :
- première habitation : zone d'habitat ;
- porcherie : zone d'espace vert ;
- distance à la 1ére habitation: 65 m ;

3) Animaux :
- nombre de porcelets entre 30 et 70 kg: 280

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - paillage ;
  - stockage du fumier en tas ;
  - évacuation quotidienne.
- Ventilation
  - ventilation naturelle avec une mauvaise orientation du bâtiment
- Alimentation sèche
- Hygiène assez mauvaise

l) Exploitation P12, visitée le 08/11/05.

Région : Famenne.
Type d'élevage : engraissement.

1) Dispersion : rugosité faible.

2) Voisinage :
- première habitation : zone agricole ;
- porcherie : zone agricole ;
- distance à la 1ére habitation: 436 m ;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 2000 m.

3) Animaux :
- nombre de porcs à l'engrais (all-in, all-out, premier bâtiment): 400
- nombre de porcs à l'engrais (all-in, all-out, deuxième bâtiment): 585

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - litière glissante ;
  - stockage du fumier en tas ;
  - évacuation toutes les trois semaines
- Ventilation
  - ventilation naturelle avec une mauvaise orientation du bâtiment.
- Alimentation sèche + barboteuse.
- Bonne hygiène.

m) Exploitation P13, visitée le 16/09/05.

Région : Condroz.
Type d'élevage : engraissement.

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité faible.

2) Voisinage :
- première habitation : zone agricole ;
- porcherie : zone agricole ;
- distance à la 1ére habitation: 50 m ;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 95 m.

3) Animaux :
- nombre de porcs à l'engrais (bande, all-in, all-out): 3000

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - caillebotis total ;
  - stockage du lisier sous les animaux ;
  - évacuation toutes les trois semaines.
- Ventilation
  - évacuation verticale avec cheminée arrivant au-dessus du faîte, sans coiffe.
- Alimentation sèche.
- Bonne hygiène.

n) Exploitation P14, visitée le 20/09/05.

Région : Condroz.
Type d'élevage : engraissement.

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité faible.

2) Voisinage :
- première habitation : zone agricole ;
- porcherie : zone agricole ;
- distance à la $1^{ére}$ habitation: 300 m ;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 860 m.

3) Animaux :
- nombre de porcelets entre 30 et 70 kg: 970

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - caillebotis total ;
  - stockage du lisier sous les animaux ;
  - évacuation toutes les trois semaines
- Ventilation
  - ventilation naturelle auto-régulée (volets automatiques, orientation non-optimale + 2 ventilateurs intérieurs)
- Alimentation sèche.
- Bonne hygiène.

o) Exploitation P15, visitée le 03/12/05.

Région : Ardenne.
Type d'élevage : engraissement.

- Cette exploitation n'a pas pu être visitée, l'éleveur n'ayant pas pu nous recevoir pour des raisons personnelles.

p) Synthèse des porcheries et choix des facteurs

Le tableau 9 reprend les différents élevages de porcs, en distinguant les différents bâtiments d'une même installation et en fournissant les valeurs choisies pour les différents facteurs.

Le tableau 10 reprend, pour les différents cas,
- les distances de perception olfactive, le jour de la mesure,
- le débit estimé pour la source (en uo/s), sur base de la distance de perception et du modèle de dispersion Tropos pour les conditions météo du jour de la mesure,
- les distances moyenne du percentile 98 pour 10 uo/m^3 et le climat moyen de Uccle (distance d'acceptation),
- les distances évaluées par la formule (1).

Eleveur	Type de ventilation	f_V	Type de Litière	f_L	Stockage	f_S	Evacuation	f_E	Alimentation	f_F	$N*f_A$	f_D	Voisinage	f_R
P1	Evacuation latérale, ventilateurs en façade	0.8	Caillebotis total	1	Sous caillebotis	1	Pas d'évacuation	1	L	1.2	534	1.2	ZCR	1
P1	Ventilation naturelle, avec sortie aux côtés	1	Bio-maîtrisé	0.6	/	1	Pas d'évacuation	1	S	1	960	1.2	ZCR	1
P2	Evacuation latérale, ventilateurs en façade	1	Caillebotis total	1	Sous caillebotis	1	Pas d'évacuation	1	S	1	287	1	ZCR	1
P3	Ventilation naturelle avec sortie aux côtés	1.1	Caillebotis partiel	0.9	Sous caillebotis	1	Pas d'évacuation	1	S	1	120	1.2	ZCR	1
P3	Evacuation verticale avec cheminée arrivant en-dessous du faîte	1.2	Caillebotis total	1	Sous caillebotis	1	Pas d'évacuation	1	S	1	263	1.2	ZCR	1
P3	Ventilation naturelle avec sortie aux côtés	1	Litière glissante	0.9	Bord de champs	1	Autres	1.2	S	1	400	1.2	ZCR	1
P4	Evacuation latérale, ventilateurs en façade	0.8	Caillebotis total	1	Sous caillebotis	1	Pas d'évacuation	1	S	1	30	1	ZR	0.8
P4	Evacuation latérale, ventilateurs en façade	0.8	Bio-maîtrisé	0.6	/	1	Pas d'évacuation	1	S	1	495	1	ZR	0.8
P5	Ventilation naturelle avec sortie aux côtés	1	Caillebotis partiel	0.9	Sous caillebotis	1	Pas d'évacuation	1	S	1	455.2	1.2	ZR	0.8
P6	Evacuation latérale, ventilateurs en façade	0.8	Béton raclé	1.6	Sous caillebotis	1	Pas d'évacuation	1	S	1	150	1	ZH	1.5
P6	Evacuation latérale, ventilateurs en façade	0.8	Caillebotis total	1	Sous caillebotis	1	Pas d'évacuation	1	S	1	210	1	ZH	1.5
P7	Evacuation latérale, ventilateurs en façade	0.8	Caillebotis total	1	Sous caillebotis	1	Pas d'évacuation	1	Bouilli	1.1	388	1.2	ZR	0.8
P7	Evacuation verticale avec cheminée sans coiffe, au-dessus du faîte	1	Caillebotis partiel	0.9	Sous caillebotis	1	Pas d'évacuation	1	Bouilli	1.1	636	1.2	ZR	0.8
P8	Evacuation verticale	1	Caillebotis	1	Sous	1	Pas	1	S	1	180	1.2	ZCR	1

	avec cheminée sans coiffe, au-dessus du faîte		total		caillebotis		d'évacuation							
P9	Evacuation verticale avec cheminée arrivant en-dessous du faîte	1.2	Caillebotis total	1	Sous caillebotis	1	Pas d'évacuation	1	S	1	540	1.2	ZH	1.5
P9	Evacuation verticale avec cheminée arrivant en-dessous du faîte	1.2	Caillebotis total	1	Sous caillebotis	1	Pas d'évacuation	1	S	1	2610	1.2	ZH	1.5
P10	Ventilation naturelle avec sortie aux côtés	1.2	Paille	0.9	Stockage en fosse ouverte dans l'exploitation	1	Autres	1.2	S	1	145.6	1.2	ZR	0.8
P10	Ventilation naturelle avec sortie aux côtés	1.2	Caillebotis partiel	0.9	fosse ouverte	2	Autres	1.2	S	1	140	1.2	ZR	0.8
P11	Ventilation naturelle avec sortie aux côtés	1.2	Paille	0.9	Stockage en fosse ouverte dans l'exploitation	1	Autres	1.2	S	1	196	1.2	ZH	1.5
P12	Ventilation naturelle avec sortie aux côtés	1.2	Litière glissante	0.9	Bord de champs	1	Autres	1.2	Barboteuse	1.1	175.5	1.2	ZR	0.8
P12	Ventilation naturelle avec sortie aux côtés	1.2	Litière glissante	0.9	Bord de champs	1	Autres	1.2	S	1	280	1.2	ZR	0.8
P13	Evacuation verticale avec cheminée arrivant en-dessous du faîte	1.2	Caillebotis total	1	Sous caillebotis	1	Pas d'évacuation	1	S	1	3000	1.2	ZR	0.8
P14	Evacuation latérale, ventilateurs en façade	1	Caillebotis total	1	Sous caillebotis	1	Pas d'évacuation	1	S	1	679	1.2	ZR	0.8

Tableau 9 : Synthèse des cas étudiés pour les porcheries avec les choix des valeurs des facteurs

Eleveur	Région	$N*f_A$	Distance de perception (m)	Débit à la source (u.o/s)	Distance d'acceptation (m)	Distance formule (1) (m)
P1	Ardenne	1496	307	47124	298	196
P2	Pays de Herve	287	197	16065	137	85
P3	Ardenne	784	254	5355	68	177
P4	Limoneuse	475	167	21000	166	65
P5	Pays de Herve	455	412	55332	332	81
P6	Limoneuse	360	344	24633	187	142
P7	Pays de Herve	1025	256	6426	75	150
P8	Condroz	180	224	26000	195	67
P9	Limoneuse	3150	670	55432	332	553
P10	Ardenne	251	51	2800	50	118
P11	Limoneuse	196	159	4200	60	136
P12	Famenne	456	380	16065	137	119
P13	Condroz	3000	503	45450	291	240
P14	Condroz	679	470	106600	447	104
P15	Ardenne	-	-	-	-	-

Tableau 10 : Distances mesurées et calculées par le modèle et par la formule pour les porcheries

Les distances calculées des deux manières différentes ne correspondent pas toujours (coefficient de corrélation de 0.3 seulement entre les deux séries de mesure), mais, il est évident que l'évaluation de la "distance d'acceptation" ne peut être extrapolée aux conditions moyennes, puisqu'elle est basée sur une seule mesure ponctuelle. Néanmoins, comme expliqué plus loin, ces deux distances ont pu servir à ajuster la valeur du paramètre α de la formule (1).

2. Elevages de volailles

a) Exploitation V1, visitée le 06/12/05.

Région : Ardenne.
Type d'élevage : poulets bio.
Age des bâtiments d'élevage:

- Bâtiment A : 2000
- Bâtiment B : 2005
- Bâtiment C : 2005

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité faible.

2) Voisinage :

- première habitation : zone agricole ;
- bâtiments d'élevage : zone agricole ;
- distance à la 1^{ére} habitation: 110 m ;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 325 m.

3) Animaux :
- nombre total de poulets de chair : 13200
  - bâtiment A : 4400 (poulets de 13 à 15 semaines)
  - bâtiment B : 4400 (poulets de 8 à 15 semaines)
  - bâtiment C : 4400 (poulets de 1 à 15 semaines)

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - fibre de lin hachée;
  - stockage du fumier en tas ouvert à l'extérieur et en bordure des champs ;
  - évacuation toutes les trois semaines
- Ventilation
  - ventilation naturelle auto-régulée couplée à une ventilation mécanique à évacuation latérale composée d'un clapet d'un côté et d'un extracteur de l'autre
- Alimentation sèche.
- Bonne hygiène.

b) Exploitation V2, visitée le 05/10/05.

Région : Limoneuse.
Type d'élevage : poulets de chair.
Age des bâtiments d'élevage:
- Bâtiment A : 2001
- Bâtiment B : 2001
- Bâtiment C : 1998

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité faible.

2) Voisinage :
- première habitation : zone agricole ;
- bâtiments d'élevage : zone agricole ;
- distance à la 1^{ére} habitation: 100 m ;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 100 m.

3) Animaux :
- nombre total de poulets de chair : 86000
  - bâtiment A : 33000
  - bâtiment B : 33000
  - bâtiment C : 20000

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - paille hachée;
  - stockage du fumier ouvert à l'extérieur, en bordure des champs à 50 m des bâtiments. Il reste entreposé très peu de temps grâce à des contrats d'épandages avec des fermiers locaux.
  - évacuation en fin de cycle.
- Ventilation

- système auto-régulé en fonction d'une variation de température, via une entrée d'air latérale, couplée à la ventilation mécanique verticale comprenant 12 cheminées (bât. A), 15 cheminées (bât. B) et 15 cheminées (bât.C) (0.7 m au dessus du faîte) et comprenant respectivement 3, 4 et 4 ventilateurs dans le pignon (40000m³/h).
- Alimentation sèche.
- Bonne hygiène.

c) Exploitation V3, visitée le 04/11/05.

Région : Condroz.
Type d'élevage : poulets sur parcours.
Age des bâtiments d'élevage:

- Un seul bâtiment : 2003

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité faible.

2) Voisinage :

- première habitation : zone agricole ;
- bâtiments d'élevage : zone agricole ;
- distance à la 1^{ére} habitation: 110 m ;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 140 m.

3) Animaux :

- nombre total de poules pondeuses (à 41 semaines au moment de la visite): 13500

4) Technique d'élevage :

- Litière
  - sable;
  - stockage en bordure des champs;
  - évacuation en fin de cycle.
- Ventilation
  - système en dépression auto-régulée en fonction d'une variation de température, via une entrée d'air latérale, couplée à la ventilation mécanique comprenant 9 cheminées (0.2 m au dessus du faîte) et 3 ventilateurs dans le pignon.
- Alimentation sèche.
- Bonne hygiène.

d) Exploitation V4 , visitée le 24/11/05.

Région : Famenne.
Type d'élevage : poulets de chair.
Age des bâtiments d'élevage:

- Bâtiment A : 1992
- Bâtiment B : 1997

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité faible.

2) Voisinage :

- première habitation : zone agricole ;
- bâtiments d'élevage : zone agricole ;
- distance à la 1ére habitation: 50 m ;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 800 m.

3) Animaux :
- nombre total de poulets (à 3 semaines au moment de la visite): 44000

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - paille hachée;
  - stockage en bordure des champs;
  - évacuation en fin de cycle.
- Ventilation
  - système en dépression, via une ventilation mécanique avec évacuation latérale et une évacuation par les pignons comprenant 2 gros ventilateurs et 2 petits ventilateurs.
- Alimentation sèche.
- Bonne hygiène.

e) Exploitation V5 , visitée le 24/11/05.

Région : Limoneuse.
Type d'élevage : poules pondeuses en batterie.
Age des bâtiments d'élevage:
- Bâtiment A : 1988
- Bâtiment B : 1993

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité faible.

2) Voisinage :
- première habitation : zone d'habitat à caractère rural ;
- bâtiments d'élevage : zone agricole ;
- distance à la 1ére habitation: 70 m ;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 0 m.

3) Animaux :
- nombre de poules (de 3 semaines au moment de la visite) :
  - bâtiment A : 34000
  - bâtiment B : 48000

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - bande transporteuse;
  - stockage sur benne transportée en bordure des champs;
  - évacuation deux fois par semaine.
- Ventilation
  - système en dépression, auto-régulé en fonction d'une variation de température, via une entrée d'air latérale, couplée à la ventilation mécanique comprenant 4 turbines de 34000 m³/h/bâtiment (9-10 m/s au moment de la mesure).
- Alimentation sèche.

- Hygiène moyenne.

f) Exploitation V6, visitée le 04/11/05.

Région : Limoneuse.
Type d'élevage : poulets de chair.
Age des bâtiments d'élevage:

- un seul bâtiment : 1999

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité faible.

2) Voisinage :

- première habitation : zone d'habitat à caractère rural ;
- bâtiments d'élevage : zone agricole ;
- distance à la 1ére habitation: 100 m ;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 26 m.

3) Animaux :

- nombre de poulets (de 2 semaines au moment de la visite) : 18000

4) Technique d'élevage :

- Litière
  - paille hachée;
  - stockage en tas de fumier et en bordure des champs;
  - évacuation en fin de cycle.
- Ventilation
  - système en dépression, auto-régulé en fonction d'une variation de température, via une entrée d'air latérale, couplée à la ventilation mécanique comprenant 8 cheminées (0.5 m au dessus du faîte) (8500 m^3/h) et 3 ventilateurs dans le pignon (40000m^3/h).
- Alimentation sèche.
- Bonne hygiène.

g) Exploitation V7, visitée le 29/11/05.

Région : Limoneuse.
Type d'élevage : poulets label.
Age des bâtiments d'élevage:

- un seul bâtiment : 2005

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité faible.

2) Voisinage :

- première habitation : zone d'habitat à caractère rural ;
- bâtiments d'élevage : zone agricole ;
- distance à la 1ére habitation: 160 m ;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 5 m.

3) Animaux :

- nombre de poulets (de 10 semaines au moment de la visite) : 2400

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - paille entière;
  - en bordure des champs;
  - évacuation en fin de cycle.
- Ventilation
  - ventilation naturelle latérale couplé à une ventilation mécanique comprenant 3 ventilateurs dans le pignon.
- Alimentation sèche.
- Bonne hygiène.

h) Exploitation V8, visitée le 07/12/05.

Région : Limoneuse.
Type d'élevage : canards au gavage.
Age des bâtiments d'élevage:
- un seul bâtiment : 2003

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité faible.

2) Voisinage :
- première habitation : zone d'habitat à caractère rural ;
- bâtiments d'élevage : zone agricole ;
- distance à la 1ére habitation: 80 m ;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 75 m.

3) Animaux :
- nombre de canards (de 12 semaines au moment de la visite) : 840

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - caillebotis;
  - stockage en fosse extérieure couverte;
  - évacuation deux fois par jour.
- Ventilation
  - ventilation naturelle latérale couplé à une ventilation mécanique comprenant 4 (4820 m^3/h) et 3 (25000 m^3/h pour les fortes chaleurs) ventilateurs dans le pignon.
- Alimentation sèche.
- Bonne hygiène.

i) Exploitation V9, visitée le 07/12/05.

Région : Limoneuse.
Type d'élevage : élevage de canards.
Age des bâtiments d'élevage:
- trois bâtiments : 2004

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité faible.

2) Voisinage :
- première habitation : zone d'habitat à caractère rural ;
- bâtiments d'élevage : zone agricole ;
- distance à la 1ère habitation: 1175 m ;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 1175 m.

3) Animaux :
- nombre de canards :
  - Bâtiment A : 1500 (canards de 7 semaines au moment de la visite)
  - Bâtiment B : 1500 (canards de 11 semaines au moment de la visite)
  - Bâtiment C : 0

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - paille entière;
  - stockage du fumier au bord des champs;
  - évacuation en fin de cycle.
- Ventilation
  - ventilation naturelle latérale.
- Alimentation sèche.
- Bonne hygiène.

j) Exploitation V10, visitée le 30/09/05.

Région : Ardenne.
Type d'élevage : poules sur parcours.
Age des bâtiments d'élevage:
- Bâtiment A : 2000
- Bâtiment B : 2004

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité faible.

2) Voisinage :
- première habitation : zone agricole ;
- bâtiments d'élevage : zone agricole ;
- distance à la 1ère habitation: 90 m ;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 300 m.

3) Animaux :
- nombre de poules :
  - Bâtiment A : 12000
  - Bâtiment B : 12000

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - sable;
  - stockage en bordure des champs;
  - évacuation en fin de cycle.
- Ventilation

    - système en dépression, auto-régulé en fonction d'une variation de température, via une entrée d'air latérale, couplée à la ventilation mécanique comprenant 10 cheminées et 2 ventilateurs dans le pignon (par bâtiment).
- Alimentation sèche.
- Bonne hygiène.

k) Exploitation V11, visitée le 23/11/05.

Région : Ardenne.
Type d'élevage : poulets de chair.
Age des bâtiments d'élevage:

- 1993

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité moyenne.

2) Voisinage :

- première habitation : zone agricole ;
- bâtiments d'élevage : zone agricole ;
- distance à la 1ére habitation: 99 m (inhabitée pour l'instant);
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 768 m.

3) Animaux :

- nombre de poulets : 19500 (de 4 à 6 semaines au moment de la visite)

4) Technique d'élevage :

- Litière
    - fibre de lin hachée et paille hachée;
    - stockage ouvert en tas à l'extérieur et en bordure des champs;
    - évacuation en fin de cycle.
- Ventilation
    - système en dépression, auto-régulé en fonction d'une variation de température, via une entrée d'air latérale, couplée à la ventilation mécanique comprenant 8 cheminées et 4 ventilateurs dans le pignon.
- Alimentation sèche.
- Bonne hygiène.

l) Exploitation V12, visitée le 06/12/05.

Région : Ardenne.
Type d'élevage : poulets bio.
Age des bâtiments d'élevage:

- Bâtiment A : 2001
- Bâtiment B : 2001

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité faible.

2) Voisinage :

- première habitation : zone agricole ;
- bâtiments d'élevage : zone agricole ;

- distance à la 1ére habitation: 485;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 760 m.

3) Animaux :
- nombre total de poulets : 5000
  - Bâtiment A : 2500 (poulets de 10 semaines au moment de la visite)
  - Bâtiment B : 2500 (poulets de 12-13 semaines au moment de la visite)

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - paille hachée;
  - épandage direct ou stockage en bordure des champs;
  - évacuation en fin de cycle.
- Ventilation
  - système de ventilation naturelle autorégulée avec bonne orientation du bâtiment.
- Alimentation sèche.
- Bonne hygiène.

m) Exploitation V13, visitée le 06/12/05.

Région : Ardenne.
Type d'élevage : poulets label.
Age des bâtiments d'élevage:
- 1998

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité faible.

2) Voisinage :
- première habitation : zone d'habitat à caractère rural ;
- bâtiments d'élevage : zone agricole ;
- distance à la 1ére habitation: 120 m;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 120 m.

3) Animaux :
- nombre total de poulets de chair : 5200 (poulets de 6 à 12 semaines au moment de la visite)

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - paille entière;
  - stockage en tas de fumier et en bordure des champs;
  - évacuation en fin de cycle.
- Ventilation
  - système de ventilation naturelle autorégulée avec bonne orientation du bâtiment.
- Alimentation sèche.
- Hygiène moyenne

n) Exploitation V14, visitée le 06/12/05.

Région : Limoneuse.
Type d'élevage : poulets label, pintades, dindes, canards, grands coqs.

Age des bâtiments d'élevage:
- 1991-1992

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité moyenne.

2) Voisinage :
- première habitation : zone agricole ;
- bâtiments d'élevage : zone agricole ;
- distance à la 1ère habitation: 140 m;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 250 m.

3) Animaux :
- nombre total de poulets de chair : 2500 (poulets de 4 à 12 semaines au moment de la visite)
- nombre total de pintades, dindes, canards et grands coqs : 100

4) Technique d'élevage :
- Litière
  - paille entière, paille hachée, fibre de lin hachée;
  - stockage en tas de fumier et en bordure des champs;
  - évacuation en fin de cycle.
- Ventilation
  - système ventilation naturelle et ventilation mécanique latérale ainsi que par le pignon, les ventilateurs étant situés du côté opposée aux riverains.
- Alimentation sèche.
- Bonne hygiène

o) Exploitation V15, visitée le 05/10/05.

Région : Limoneuse.
Type d'élevage : poulets de chair.
Age des bâtiments d'élevage:
- Bâtiment A : 1991
- Bâtiment B : 1993
- Bâtiment C : 1997
- Bâtiment D : 1997

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité faible.

2) Voisinage :
- première habitation : zone d'habitat à caractère rural ;
- bâtiments d'élevage : zone agricole ;
- distance à la 1ère habitation: 100 m;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 56 m.

3) Animaux :
- nombre total de poulets de chair : 120 000 (poulets de 1 à 6 semaines)

4) Technique d'élevage :
- Litière

- paille entière;
- stockage en tas en bordure des champs;
- évacuation en fin de cycle.
- Ventilation
  - système en dépression, auto-régulé en fonction d'une variation de température, via une entrée d'air latérale, couplée à la ventilation mécanique comprenant 12 cheminées (0.5 m à 1.3 m au dessus du faîte) (8000-18000 m³/h) et 5 ventilateurs dans le pignon (40000m³/h).
- Alimentation sèche.
- Hygiène moyenne

p) Exploitation V16, visitée le 24/11/05.

Région : Ardenne.
Type d'élevage : élevage et gavage de canards.
Age des bâtiments d'élevage:

- Bâtiment A : 2000
- Bâtiment B : 2004

1) Dispersion : environnement dégagé, rugosité moyenne.

2) Voisinage :

- première habitation : zone d'habitat à caractère rural ;
- bâtiments d'élevage : zone agricole ;
- distance à la 1ére habitation: 25 m ;
- distance à la zone d'habitat à caractère rural : 15 m.

3) Animaux :

- nombre de canards :
  - Bâtiment A : 200-300 (gavage)
  - Bâtiment B : 2000-3000 (élevage)
- âge des canards au moment de la visite :
  - 2/4/8 semaines.

4) Technique d'élevage :

- Litière
  - copeaux de bois pour les canetons, caillebotis pour les canards;
  - stockage en tas et en bordure des champs;
  - évacuation une fois par mois.
- Ventilation
  - ventilation mécanique latérale.
- Alimentation sèche.
- Hygiène moyenne

Remarque : la majorité de l'élevage est à l'extérieur, il n'a donc pas été possible de calculer de distance de perception pour cet élevage. Nous n'avons donc pas comptabilisé ce cas par la suite.

q) Synthèse des élevages de volailles et choix des facteurs

Comme pour les porcheries, le tableau 11 reprend les différents élevages de volailles, en fournissant les valeurs choisies pour les différents facteurs.

Le tableau 12 reprend, pour les différents cas,

- les distances de perception olfactive, le jour de la mesure,
- le débit estimé pour la source (en uo/s), sur base de la distance de perception et du modèle de dispersion Tropos pour les conditions météo du jour de la mesure,
- les distances moyenne du percentile 98 pour 10 uo/m^3 et le climat moyen de Uccle (distance d'acceptation),
- les distances évaluées par la formule (1).

Eleveur	Type de ventilation	f_V	Type de Litière	f_L	Stockage	f_S	Evacuation	f_E	Alimentation	f_F	$N*f_A$	f_D	Voisinage	f_R
V1	Evacuation latérale, ventilateurs en façade	0.8	Litière sur sol plein sans chauffage au sol	1	Bord de champs	1	Une fois par cycle	1	Sèche	1	330	1.2	ZR	0.8
V2	Evacuation verticale avec cheminée au-dessus du faîte sans coiffe	1	Litière sur sol plein sans chauffage au sol	1	Bord de champs	1	Une fois par cycle	1	Sèche	1	2150	1.2	ZR	0.8
V3	Evacuation verticale avec cheminée au-dessus du faîte sans coiffe	1	Litière sur sol plein sans chauffage au sol	1	Bord de champs	1	Une fois par cycle	1	Sèche	1	445.5	1.2	ZR	0.8
V4	Evacuation latérale, ventilateurs en façade	0.8	Litière sur sol plein sans chauffage au sol	1	Bord de champs	1	Une fois par cycle	1	Sèche	1	1100	1.2	ZR	0.8
V5	Evacuation latérale, ventilateurs en façade	0.8	Bande transporteuse sans séchage	0.8	A l'air libre	1	Au moins une fois semaine	1	Sèche	1	2706	1.2	ZCR	1
V6	Evacuation verticale avec cheminée au-dessus du faîte sans coiffe	1	Litière sur sol plein sans chauffage au sol	1	Bord de champs	1	Une fois par cycle	1	Sèche	1	450	1.2	ZCR	1
V7	Evacuation latérale, ventilateurs en façade	0.8	Litière sur sol plein sans chauffage au sol	1	Bord de champs	1	Une fois par cycle	1	Sèche	1	60	1.2	ZCR	1
V8	Evacuation latérale, ventilateurs en façade	0.8	Caillebotis	1	En fosse fermée à l'extérieur	0.8	Au moins une fois par jour	0.8	Sèche	1	25.2	1.2	ZCR	1
V9	Ventilation naturelle avec sortie aux côtés du bâtiment	1	Litière sur sol plein sans chauffage au sol	1	Bord de champs	1	Une fois par cycle	1	Sèche	1	150	1.2	ZCR	1
V10	Evacuation verticale avec cheminée au-	1	Litière sur sol plein sans	1	Bord de champs	1	Une fois par cycle	1	Sèche	1	792	1.2	ZR	0.8

	dessus du faîte sans coiffe		chauffage au sol											
V11	Evacuation verticale avec cheminée au-dessus du faîte sans coiffe	1	Litière sur sol plein sans chauffage au sol	1	Bord de champs	1	Une fois par cycle	1	Sèche	1	487.5	1	ZR	0.8
V12	Ventilation naturelle avec sortie aux côtés du bâtiment	1	Litière sur sol plein sans chauffage au sol	1	Bord de champs	1	Une fois par cycle	1	Sèche	1	125	1.2	ZCR	1
V13	Ventilation naturelle avec sortie aux côtés du bâtiment	1.2	Litière sur sol plein sans chauffage au sol	1	Dans la ferme	1.5	Une fois par cycle	1	Sèche	1	130	1.2	ZCR	1
V14	Evacuation latérale, ventilateurs en façade	0.8	Litière sur sol plein sans chauffage au sol	1	Bord de champs	1	Une fois par cycle	1	Sèche	1	62.5	1	ZR	0.8
V15	Evacuation verticale avec cheminée au-dessus du faîte sans coiffe	1	Litière sur sol plein sans chauffage au sol	1	Bord de champs	1	Une fois par cycle	1	Sèche	1	3000	1.2	ZCR	1

Tableau 11 : Synthèse des cas étudiés pour les élevages de volailles avec les choix des valeurs des facteurs

Eleveur	Région	$N*f_A$	Distance de perception (m)	Débit à la source (u.o/s)	Distance d'acceptation (m)	Distance formule (1) (m)
V1	Ardenne	330	65	2132	46	78
V2	Limoneuse	2150	250	16000	136	223
V3	Condroz	445.5	307	5330	68	101
V4	Famenne	1100	157	10660	103	142
V5	Limoneuse	2706	500	37000	252	274
V6	Condroz	450	260	7462	82	127
V7	Limoneuse	60	16	533	34	42
V8	Limoneuse	25.2	20	1000	38	27
V9	Limoneuse	150	63	3731	56.7	73
V10	Ardenne	792	-	-	-	135
V11	Ardenne	487.5	200	5330	68	88
V12	Ardenne	125	75	1066	38	67
V13	Ardenne	130	15	500	34	82
V14	Limoneuse	62.5	15	500	34	28
V15	Limoneuse	3000	247	15290	132	329

Tableau 12 : Distances mesurées et calculées par le modèle et par la formule pour les élevages de volailles

Notons dans ce dernier tableau quelques données manquantes pour l'élevage V10 qui résultent de problèmes techniques de transfert des données vers l'ordinateur.
A nouveau, les distances calculées par les deux méthodes diffèrent quelque peu, mais un coefficient de corrélation de 0.86 relie cependant ces deux séries de données.

D. Justification des valeurs des différents paramètres de la formule

1. Exposant n

L'exposant n=0.5, proposé dans la formule (1) peut être assez facilement justifié par la physique de la dispersion atmosphérique.

En effet, le modèle bi-gaussien est souvent utilisé pour appréhender la manière dont un panache (odorant) se disperse dans l'atmosphère. L'hypothèse de base de ce modèle est que la concentration des polluants dans le panache émis par la source est plus élevée le long de la ligne qui constitue le parcours du centre de gravité du nuage de polluant dans le sens du vent et qu'elle diminue plus on s'éloigne de cette ligne.

Par rapport au centre de gravité, qui se déplace à la vitesse moyenne du vent dans la direction x, le modèle suppose simplement que les "particules" du panache se dispersent selon une loi de Gauss (loi normale) dans les deux autres directions (figure 17).

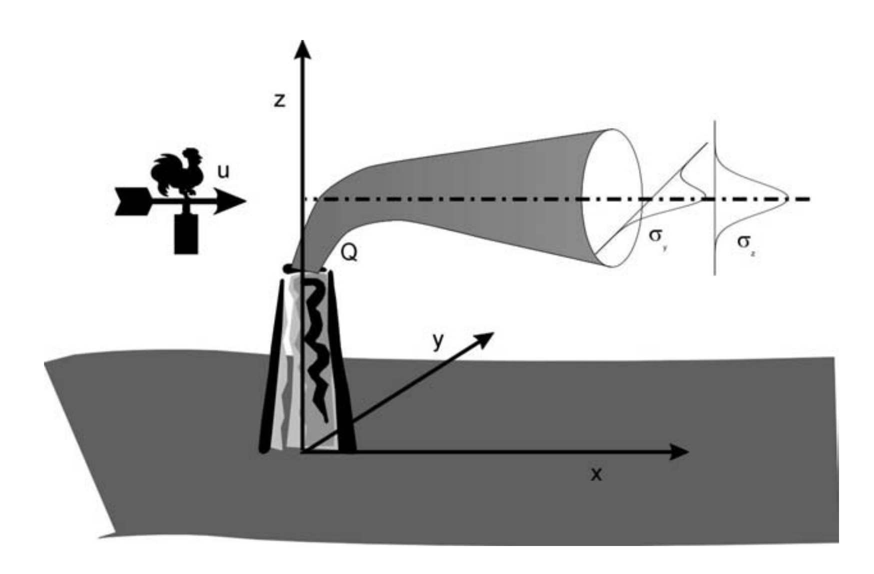


Figure 17 : Allure générale du modèle bi-gaussien.

Pour une source au niveau du sol, la formule générale qui permet d'évaluer la concentration C de l'odeur en un endroit (x,y,z) donné est :

$$C = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} Exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{y^2}{\sigma_y^2} - \frac{z^2}{\sigma_z^2}\right)\right) \quad (3)$$

où Q est le débit d'odeur, en unité odeur par seconde (uo/s) et u est la vitesse du vent.

Dans cette formule, σ_y et σ_z sont les écarts-types de la loi normale dans les directions y et z, qui augmentent avec la distance x d'éloignement par rapport à la source.
En première approximation, on peut considérer que ces écarts-types varient linéairement selon x. En supposant donc que $\sigma_y = \sigma_z = kx$ (k étant une constante quelconque), la concentration dans le sens du vent et au niveau du sol (y=z=0) vaut :

$$C(x) = \frac{Q}{2\pi k^2 x^2 u} \quad (4)$$

Ce qui signifie que pour une concentration C_0 d'odeur donnée, par exemple 1 uo/m^3, qui correspond au seuil de perception, la distance x varie comme

$$x = \sqrt{\frac{Q}{2\pi k^2 u C_0}} \quad (5)$$

c'est-à-dire une variation en racine carrée, et donc un exposant 0.5 par rapport au débit d'odeur Q.

2. Facteur animal f_A

Dans la relation (1), l'intérieur de la parenthèse, soit Nf_Af_T peut donc être considéré comme proportionnel au débit d'odeur Q de la source.

Il a été arbitrairement choisi de considérer le porc à l'engrais au stade finition (c'est-à-dire de plus de 70 kg) comme unité animale. Pour cet animal, le facteur f_A vaut donc 1. L'odeur émise par tous les autres types d'animaux sera toujours exprimée en fonction du porc à l'engrais, en proposant des facteurs f_A spécifiques.

Pour donner une idée de la correspondance avec un débit d'odeur, il est possible, en première approximation, de considérer que le débit d'odeur de 1 porc à l'engrais vaut 20 uo/s (valeur "moyenne" issue de la littérature scientifique et de divers rapports d'étude).
Donc, le produit Nf_A représente l'émission maximale d'odeur pour N animaux du type représenté par le facteur f_A. Ce produit multiplié par 20 donne une idée du débit d'odeur maximal émis par ces N animaux. Cette émission maximale Nf_A sera pondérée par le facteur technique f_T, variant autour de la valeur 1.

Une revue de la littérature sur le sujet et des lignes-guides proposées dans différents pays, les contacts avec les professionnels (et notamment les filières porcine, avicole et cunicole) et l'étude de validation sur les 30 exploitations on permis d'arriver à la proposition de tableaux 1 et 2 respectivement pour les porcs et pour les volailles.

Relevons notamment le facteur 0.9 pour l'élevage des porcs en bande, puisque, en moyenne sur une année, il s'agit d'un mélange de différents stades, mais dont l'odeur globale se rapproche plus de celle du porc à l'engrais au stade finition que de celle des porcelets.

Relevons également la distinction entre le canard d'élevage et le canard au gavage, qui fait l'hypothèse d'une plus faible odeur pour ce dernier. Cela nous a été confirmé par des spécialistes français, en avançant les arguments d'une alimentation plus simple, d'une durée de gavage assez courte et d'un lisier plus dilué.

Enfin, insistons sur le fait que, normalement, le nombre N d'animaux et le facteur animal f_A devraient tenir compte de la situation moyenne sur une année-type. Ainsi, la VDI 3474[15] mentionne que la masse d'un animal donné évolue avec le temps, selon une forme polynomiale du 3e degré, pour laquelle la recommandation fournit les coefficients correspondant à chaque type d'animal. La moyenne est alors calculée en intégrant cette formule sur une rotation, puis en sommant les rotations sur l'année. Sans aller aussi loin dans le calcul, nous suggérons cependant de tenir compte du nombre moyen annuel de cycles d'élevage/engraissement pour évaluer le nombre d'animaux et leur statut.

3. Facteur technique f_T

a) Facteur ventilation f_V

Etude de sensibilité dans les lignes-guides existantes

Une brève étude de sensibilité du facteur relatif à la ventilation des bâtiments d'élevage dans les lignes-guides existantes permet de fixer l'intervalle de valeurs "vraisemblables" pour ce facteur. Les différentes références peuvent être trouvées dans nos précédents rapports.

VDI 3471 (porcs)

Dans cette ligne-guide, la qualité de l'étable est calculée sous forme de points attribués, avec un plafond de 100. En ce qui concerne la ventilation, la situation "pire" est celle d'un contrôle estival du renouvellement d'air avec une différence de température

extérieure/intérieure supérieure à 3°C, une cheminée latérale et ou une évacuation naturelle ou encore une cheminée verticale, mais avec une vitesse d'évacuation inférieure à 7 m/s. Dans ce cas, l'étable reçoit 0 points. La situation la meilleure est celle d'une ventilation forcée, avec une vitesse d'évacuation supérieure à 12 m/s, une cheminée verticale qui dépasse le faîte du toit de 1.5 m et un contrôle estival de renouvellement d'air avec une différence de température inférieure à 2°C. Dans ce cas l'étable reçoit 50 points. Pour ce cas idéal, la distance finale calculée, toutes choses étant égales par ailleurs, peut être réduite de 27% par rapport au pire des cas.

VDI 3472 (volailles)

Les deux cas extrêmes sont pratiquement identiques pour les volailles et la réduction maximum est de 26% sur la distance.

Nouvelle VDI 3474[15]

Le pire des cas est celui d'une ventilation naturelle ou forcée, avec exutoire latéral dirigé vers les riverains (F1=0.7) et le meilleur est une ventilation forcée avec une très grande cheminée verticale (F1=1.2). Comme ce facteur intervient dans une somme (F1+F3+F4) où F3 et F4 sont respectivement un facteur météorologique et F4 un facteur de relief, si ces deux derniers facteurs prennent la valeur "1" (considérée comme la plus habituelle par la VDI), alors le facteur technique global varie de 2.7 à 3.2 entre les situations extrêmes. Cela entraîne une réduction de la distance de 16% pour le meilleur des cas par rapport au pire.

Autriche

Pour les porcs, comme pour les volailles, la pire des situations est celle d'une aération naturelle, avec évacuation par effet de cheminée naturelle (fv=0.5) et la meilleure est une ventilation mécanique, avec une vitesse d'évacuation supérieure à 7 m/s, un orifice d'échappement qui dépasse le faîte du toit de 1.5 mètres et une hauteur par rapport au sol supérieure à 10 mètres (fv=0.10).

Ici encore, ce facteur fv est l'un des trois éléments d'une somme qui permet d'évaluer le facteur technique global f_T. Si le facteur "litière" et le facteur "alimentation" sont mauvais, l'effet de la ventilation est une réduction de la distance de 37% pour le meilleur des cas par rapport au pire. Par contre, si l'éleveur a déjà fait un effort concernant la litière et l'alimentation, l'effet d'une meilleure ventilation est plus appréciable et peut engendrer une réduction maximale de distance de 58%.

Résumé de l'examen des lignes-guides étrangères

En ce qui concerne la ventilation, les lignes-guides convergent vers des tendances générales. La ventilation forcée avec une grande vitesse d'évacuation et une haute cheminée verticale sera toujours préférable à une ventilation naturelle et/ou une évacuation latérale, surtout si celle-ci est dirigée vers les riverains. Un effort vers une ventilation "idéale" par rapport à la situation la plus mauvaise permet de réduire la distance de 16% au minimum et de 58 % au maximum, selon les lignes-guides. La contribution du facteur "ventilation" ne devrait donc pas engendrer une division de plus d'un facteur 2 sur la distance. Les ingénieurs allemands des VDI, qui ont particulièrement bien étudié le problème, suggèrent plutôt une contribution relativement faible de la ventilation.

Formule ulg

Dans notre ligne-guide, le facteur ventilation varierait entre 0.7 pour la meilleure situation et 1.4 pour la plus mauvaise. Pour ce cas idéal, la distance finale calculée, toutes choses étant égales par ailleurs, peut être réduite de 29% par rapport au pire des cas. Une valeur de 0.3 est donnée pour les nouvelles technologies de traitement de l'air basé sur un système de

centralisation de l'évacuation de l'air vicié. Dans ce cas, la distance finale calculée peut être réduite de 54% par rapport au pire des cas.
Le meilleur type de ventilation est un système autorégulé avec cheminées verticales dépassant d'un mètre le faîte du toit et les plus mauvaises situations sont celle d'une ventilation mécanique non autorégulée avec cheminées n'arrivant pas au dessus du faîte, celle d'une ventilation mécanique non autorégulée latérale ou dans le pignon dont les ventilateurs donnent sur la zone sensible, ou celle d'une ventilation naturelle dont l'air traverse longitudinalement le bâtiment.
Par autorégulée nous entendons un système fonctionnant en continu et dont le débit varie en fonction des facteurs d'ambiance du bâtiment (température, humidité, …). Nous privilégions ce système afin d'éviter des évacuations épisodiques (quelques fois par jours) ayant un débit d'odeur beaucoup plus important et risquant de la sorte de gêner très fortement le voisinage.

Pour la ventilation naturelle, nous avons distingué les cas où le faîte du toit est perpendiculaire ou parallèle à la direction des vents dominants, avec une latitude de ±45° dans chaque cas. En effet, si le vent souffle plus ou moins perpendiculairement à une faîtière ouverte, l'évacuation est nettement favorisée.

b) Facteur litière f_{LSE}

Etude de sensibilité dans les lignes-guides existantes

VDI 3471 (porcs)

Dans cette ligne-guide, la qualité de l'étable est calculée sous forme de points attribués, avec un plafond de 100. Pour les porcs, la pire des situations est celle d'une litière avec poussoir à fumier ou un stockage de lisier en fosse ouverte (0 points). La meilleure situation est la litière accumulée (60 points). Cela entraîne une réduction de la distance de 31% pour le meilleur des cas par rapport au pire.

VDI 3472 (volailles)

Pour les poules et poulets, le pire est un lisier ouvert avec des rigoles à lisier couvertes (0 points) et la meilleure situation est une litière avec séchage au sol ou une litière sèche avec ventilation dans une cave à fumier (80 points). Cela entraîne une réduction de la distance de 36% pour le meilleur des cas par rapport au pire.

VDI 3474

La nouvelle VDI ne comprend plus de facteur type de litière ou mode d'évacuation. Cependant, elle permet une réduction de la distance via des facteurs technologiques : tapis roulant avec séchage (réduction de 21%) ; traitement de l'air (?) ; litière bio-maîtrisée (7%) ; sol chauffé en poulailler (16%) ; stockage du lisier couvert avec paille (21%) ; stockage du lisier couvert avec couverture flottante (33%).

Autriche

Pour les volailles, la pire des situations est celle d'un élevage au sol avec une ventilation dynamique ou un élevage en batterie avec racleur et stockage du lisier (f_M=0.3) et la meilleure est un élevage en batterie avec séchage des fientes et stockage du fumier recouvert (f_M=0.17).

Pour les porcheries, le facteur f_M dépend du type de ventilation.

- En ventilation naturelle :
  - La plus mauvaise situation est celle d'un fumier évacué maximum tous les mois (f_M=0.26)
  - La meilleure est celle consistant en une évacuation mécanique du fumier avec exutoire fermé (f_M=0.10)
- En ventilation au-dessus du couloir :

- La plus mauvaise situation est celle d'un fumier évacué maximum tous les mois (f_M=0.25)
- La meilleure est celle relative à une évacuation mécanique du fumier avec exutoire fermé (f_M=0.12)

- En ventilation au-dessous du couloir :
  - La plus mauvaise situation est celle d'un fumier liquide en fosse fermée avec système d'arrosage (f_M=0.27)
  - La meilleure est celle d'une évacuation mécanique du fumier avec exutoire fermé (f_M=0.15)

Encore une fois, ce facteur f_M est l'un des trois éléments d'une somme qui permet d'évaluer le facteur technique global f_T. Si le facteur "ventilation" et le facteur "alimentation" sont mauvais, l'effet de la litière est une réduction de la distance de 9% pour le meilleur des cas par rapport au pire. Par contre, si l'éleveur a déjà fait un effort concernant la litière et l'alimentation, l'effet d'une meilleure ventilation est plus appréciable et peut engendrer une réduction maximale de distance de 22%.

Résumé de l'examen des lignes-guides étrangères

En ce qui concerne la litière, les différentes lignes-guides favorisent le fumier séché, une évacuation fréquente et un stockage le plus fermé possible. La litière accumulée, bien gérée peut également constituer une bonne alternative.

Formule ulg

Dans la formule proposée, le facteur litière-stockage-évacuation (f_{LSE}) est différent selon que l'on soit en porcherie ou en poulailler.

En porcherie, nous différencions quatre types de litière (bio-maîtrisée, caillebotis partiel, caillebotis total et paillage). Le stockage se fait soit sous forme de fumier dans le cas du paillage (2 types de stockage), soit sous forme de lisier dans le cas du caillebotis (6 types de stockage). L'évacuation du lisier et du fumier est considérée respectivement de 4 et de 3 manières différentes.
Le facteur f_{LSE} varie entre 0.4 pour le meilleur des cas à 2.9 pour la pire des situations. Pour rappel, la valeur f_{LSE}=1 correspond aux situations les plus fréquentes pour la Wallonie. Le pire des cas est celui du béton raclé avec stockage en fosse non couverte extérieure et évacuée moins d'une fois par semaine. Le meilleur des cas est celui d'un caillebotis partiel dont le lisier est évacué quotidiennement de la pré-fosse vers une fosse fermée couverte d'une toiture rigide en béton. Pour ce cas idéal, la distance finale calculée, toutes choses étant égales par ailleurs, peut être réduite de 63% par rapport au pire des cas.

Insistons sur le fait que le terme "paillage" s'applique également aux litières glissantes.

Le fait que, pour une porcherie, le facteur "litière" soit plus élevé pour un caillebotis total (f_L=1) que pour un caillebotis partiel (f_L=0.9) est justifié par une surface de contact air-lisier plus importante lorsque le caillebotis est intégral. Bien entendu, ceci n'est vrai que si la séparation structurelle entre la zone de repos/alimentation et la zone de déjection dans le système de caillebotis partiel est bien réelle et que l'environnement favorise bien la déjection des porcs au-dessus du caillebotis uniquement. La différence du facteur litière est confirmée par une étude de l'ITP en France[21] : le débit d'odeur mesuré dans un système de caillebotis intégral est toujours plus élevé que celui d'un caillebotis partiel, que ce soit en été ou en hiver.

La même référence[21] permet aussi de justifier le fait que la litière bio-maîtrisée soit très favorisée par rapport aux autres systèmes (f_L=0.6). Selon l'étude de l'ITP en effet, l'émission d'odeur sur caillebotis apparaît, en moyenne, environ deux fois supérieure à celle des porcheries sur litière bio-maîtrisée. Cependant, l'auteur nuance sa conclusion en déclarant qu'un élevage sur litière bio-maîtrisée, selon les méthodes d'élevage, particulièrement l'apport de paille par porc, peut donner des émissions d'odeur comparables, sinon supérieures à un élevage sur lisier. Dans le diagnostic de l'élevage, il faudra donc être très attentif à ce que cet apport de paille soit suffisant pour une litière accumulée. C'est pourquoi, pour le facteur d'évacuation, nous avons réservé un cas "autres", avec f_E=1.2.

Par ailleurs, une étude de Pigeon et Bélanger[22] a permis de mettre en lumière les principaux avantages de l'élevage sur litière : réduction du potentiel d'odeur et des volumes de fumier à gérer, concentration de la charge fertilisante, gestion d'un fumier solide plutôt que liquide, stabilité de l'azote contenu dans le fumier et meilleure perception de la population pour cette technique[23].

Lorsque plusieurs situations coexistent, c'est le facteur le plus défavorable qui est choisi. Par exemple, si le stockage du lisier est réalisé sous le caillebotis et que celui-ci est évacué vers une fosse extérieure ouverte, le facteur f_S vaut 2 et non 1.

Si dans un même bâtiment, plusieurs types de litière sont utilisés, la méthode du cumul sera appliquée, en considérant chaque type de litière comme une entité.

En poulailler, nous distinguons trois méthodes de gestion de la litière : la litière (paille, lin, copeaux) sur sol plein, sur caillebotis et sur tapis roulant (système en batterie principalement).
Ce facteur f_{LSE} varie de 0.5 pour le meilleur des cas à 2.4 pour la pire des situations. Cette dernière correspond à un caillebotis avec stockage en fosse non couverte extérieure et évacuée moins d'une fois semaine. Le meilleur cas est un système de tapis roulant avec séchage des fientes et stockage dans un endroit couvert. Pour ce cas idéal, la distance finale calculée, toutes choses étant égales par ailleurs, peut être réduite de 54% par rapport au pire des cas.

4. Facteur de dispersion f_D

Dans le cadre d'une formule de calcul simple, il est tout à fait illusoire de tenir compte du relief du site au cas par cas. Néanmoins, une approche simplifiée est préconisée. Le concept utilisé est celui de "rugosité" du terrain.
Le profil vertical de la vitesse du vent est en effet perturbé du fait du frottement de l'air sur le sol. La présence d'obstacles ou de discontinuités va modifier la trajectoire du vent. La couche de surface est donc une zone à fort gradient de vitesse de vent.
Au sein de cette couche de surface, il est possible de distinguer dans la partie inférieure, la sous-couche rugueuse. L'épaisseur de cette zone varie de moins d'un mètre (en mer) à quelques dizaines de mètres (dans les zones fortement urbanisées). Du fait de la présence des éléments de rugosité dans cette zone, l'écoulement de l'air est fortement turbulent, non homogène et instationnaire.
La rugosité de cette zone de terrain peut être caractérisée par une "longueur de rugosité", qui est proportionnelle à la taille des tourbillons créés par les éléments : elle vaut 0.10 cm pour une plage de sable plate, de 1 à 10 cm pour une pelouse, 20 cm pour une pâture et 100 cm à plusieurs mètres pour les forêts et les villes.

La présente approche préconise d'estimer une rugosité en trois catégories.

- Une rugosité "faible" sera caractéristique d'un terrain assez plat, avec éventuellement des arbres dispersés, mais pas de forêt proche des bâtiments d'élevage, ni de discontinuités brusques dans le relief (rugosité = 0.1 … 0.2 mètre).
- Une rugosité "moyenne" sera caractéristique d'un terrain présentant des vallonnements plus accentués, des forêts assez proches ou des habitations dispersées à proximité de l'élevage (rugosité = 0.5 … 1 mètre).
- Une rugosité "forte" sera caractéristique d'un terrain très perturbé, soit au niveau de la topographie, soit par la présence de bâtiments importants à proximité de l'élevage, comme ceux d'un site industriel ou d'une grande agglomération (rugosité > 1 mètre).

Nous avons cependant remarqué que, très souvent, les bâtiments d'élevage sont situés en terrain bien dégagé et, pour la trentaine de cas étudiés, la rugosité était pratiquement toujours considérée comme "faible". Bien qu'important sur le principe, ce facteur n'a donc finalement que peu d'impact sur l'acceptation de l'odeur.

Quant à l'influence de la vitesse et de la direction du vent, elle est prise en compte dans d'autres lignes-guides par des statistiques de fréquences de vents "calmes" (pour l'Autriche) ou de fréquences de direction orientée vers les riverains (VDI 3474). Il nous a semblé que de telles statistiques étaient difficile à obtenir pour un site donné. Aussi, avons-nous pris l'option de ne pas tenir compte de la rose des vents dans le calcul de la distance.

En outre, la Wallonie est une région de petite taille, où les roses de vents varient peu d'un endroit à l'autre. La figure 15, représentant les différentes zones de dispersion pour différents endroits en Wallonie, permet de se convaincre de cette homogénéité pour le territoire wallon. L'origine des vents dominants est toujours sud-ouest ou nord-est et la zone de dispersion est pratiquement toujours une sorte d'ellipse inclinée.

Nous suggérons, par défaut, de calculer une distance à appliquer de manière uniforme autour des murs extérieurs des bâtiments d'élevage. Dans le cas de bâtiments de taille réduite par rapport à la distance calculée (typiquement 1/10 de cette distance), un cercle centré au milieu de l'exploitation est même suffisant.

L'idéal, pour la Wallonie, serait d'estimer, plutôt qu'un cercle, une zone elliptique allongée dans le sens des vents dominants (SO-NE), avec un petit axe et un grand axe valant respectivement 0.8 et 1.2 fois la distance D préconisée par la méthode.
Cela permettrait non seulement de mieux tenir compte de la réalité du terrain, mais également de rendre ces distances cohérentes avec la notion de percentile, qui pourrait être à la base d'une future réglementation générale concernant les odeurs en Wallonie.
Un ellipse est cependant plus difficile à dessiner qu'un cercle et, dans le cas de bâtiments de taille non négligeable par rapport à la distance calculée, il devient pratiquement impossible de dessiner un contour autour des murs extérieurs qui suivent une forme elliptique.
La suggestion est donc de réserver une forme elliptique aux cas litigieux, lorsqu'il est intéressant de mettre en évidence l'impact de l'odeur sur des riverains placés au NE ou au SO par rapport à celui, moins important, touchant des riverains placés au NO ou au SE.

5. Facteur de voisinage f_R

a) Prise en compte du voisinage dans les lignes-guides

Le facteur de voisinage est un élément capital dans les lignes-guides : il peut engendrer une division par 2, voire par 4 de la distance entre les cas extrêmes.

Autriche

La zone la plus sensible est la zone résidentielle (f_L = 1) et les zones les moins sensibles sont les zones commerciales ou mixtes et les zones agricoles (au cas par cas) (f_L = 0.5). La distance finale calculée, toutes choses étant égales, est 50% inférieure pour les zones les moins sensibles par rapport à la zone résidentielle.

VDI 3474

La distance est inférieure de 75 % pour une exploitation qui est située dans une zone industrielle ou un collectif de ferme, par rapport à une zone résidentielle.

b) Etat des lieux pour la trentaine de cas étudiés

Pour la trentaine d'élevages visités dans le cadre de la présente étude, le tableau 13 ci-dessous donne la distance moyenne de l'exploitation à la première habitation (riverain) en fonction du type de zone reprise par le plan de secteur et du type d'élevage. La dernière ligne du tableau reprend la distance la plus courte, repérée sur les plans de secteur, entre l'exploitation et la zone d'habitat à caractère rural. Cette distance est la distance minimum d'implantation d'un riverain potentiel par rapport aux bâtiments d'élevage (même si aucune habitation n'est encore construite à cet endroit à l'heure actuelle).

Type de zone de la première habitation		**Type d'élevage**		
		Porcs	**Volailles**	**Total**
Zone agricole	*Nombre de cas rencontrés*	6	8	14
	Moyenne des distances (m)	191	148	166
	Ecart-type des distances (m)	150	138	139
Zone d'habitat à caractère rural	*Nombre de cas rencontrés*	5	7	12
	Moyenne des distances (m)	158	258	216
	Ecart-type des distances (m)	133	405	314
Zone d'habitat	*Nombre de cas rencontrés*	3	0	3
	Moyenne des distances (m)	39	-	39
	Ecart-type des distances (m)	23	-	23
Toutes zones confondues	*Nombre de cas rencontrés*	14	15	29
	Moyenne des distances (m)	146	199	174
	Ecart-type des distances (m)	134	289	225
Distance la plus courte entre l'exploitation et la zone d'habitat à caractère rural (m)		364	329	344

Tableau 13 : Distance moyenne de l'exploitation au premier riverain pour la trentaine de cas étudiés

Pour les porcheries, une distance moyenne de 146 m sépare les exploitations des premières habitations. On observe que l'écart type est très important. Suivant la région dans laquelle est implantée la porcherie ces distances varient quelque peu. Elles sont plus importantes en Ardenne, dans le pays de Herve et en Famenne qu'en région limoneuse. Un futur riverain d'une de ces porcheries voulant construire dans une zone d'habitat à caractère rural, qui est la zone la plus fréquemment rencontrée dans le voisinage des exploitations, se trouverait en moyenne à 364 m.

En moyenne, les poulaillers sont distants des premières habitations de 199 m. Etant donné que l'écart-type est largement supérieur à la moyenne, cette valeur ne représente pas grand chose. Ces distances sont plus importantes en Ardenne et en Région limoneuse qu'en Famenne et dans le Condroz. La distance minimum entre ces poulaillers et la zone d'habitat à caractère rural est de 329 mètres.

c) Proposition

Nous proposons que le facteur de voisinage prenne les valeurs 0.8, 1 et 1.5, pour un riverain situé respectivement en zone agricole, en zone d'habitat à caractère rural et en zone d'habitat ou de loisirs. Ainsi, la distance est inférieure de 46 %, pour un riverain qui est situé dans une zone agricole, par rapport à celui situé en zone d'habitat.

Nous suggérons cependant de toujours calculer la distance pour les trois classes de voisinage. En effet, la situation au moment du calcul peut être modifiée par la suite et une habitation peut être construite ultérieurement à une distance plus proche que celle du premier riverain actuel et éventuellement dans un autre type de zone.
L'une des trois distances ou les trois seront prises en compte, selon l'objectif poursuivi par le calcul de distance.
Parmi les différentes possibilités, nous préconisons l'usage suivant de ces trois distances.
Définissons tout d'abord une distance D_R, qui est la distance la plus courte par rapport à un riverain potentiel ou réel, c'est-à-dire la plus courte des distances (mesurées sur plan) séparant l'exploitation de la zone d'habitat, d'habitat à caractère rural ou d'un riverain existant, situé en zone agricole.
Si les trois distances calculées pour les trois classes de voisinage sont inférieures à D_R, il n'y a aucune ambiguïté, puisque tout riverain, réel ou potentiel, sera toujours à une distance supérieure à cette distance "de sécurité".
Si les trois distances sont supérieures à D_R, là non plus, il n'y aura pas d'ambiguïté, puisque tout riverain, réel ou potentiel, est toujours inclus dans la "zone d'odeur".
La difficulté sera de traiter les cas intermédiaires : quand, par exemple, D_R est comprise entre la distance relative à la classe "zone agricole" et celle relative à la "zone d'habitat à caractère rural". Ces situations seront à traiter au cas par cas en fonction de l'objectif visé.

6. Coefficient d'ajustement α

Les différents paramètres f_i permettent d'adapter la distance D au cas particulier, relativement à une situation moyenne. Leur sensibilité sur D est variable, selon le facteur, mais leur impact sur la distance est rarement supérieur à 100% entre les cas extrêmes. Le paramètre α d'ajustement, lui, est nettement plus fondamental, car il conditionne la valeur absolue de D. Le choix d'une valeur pour α est donc essentiel et doit être justifié par la réalité du terrain.

Dans la présente étude, nous avons choisi de considérer le percentile 98 correspondant à 10 uo/m^3 comme délimitant une zone de nuisance de référence. Le coefficient α sera donc ajusté en tentant de rester cohérent par rapport à la distance moyenne correspondant à la limite d'une telle zone.

Une première approche traite le problème de manière générale, indépendamment du cas particulier. Il s'agit d'utiliser la formule (1) simplifiée, en considérant la situation la plus courante, c'est-à-dire tous les facteurs égaux à 1.
Dans ce cas, la distance vaut, au facteur α près, la racine carré du nombre N de porcs à l'engrais. Comme nous avons estimé qu'un porc à l'engrais dégage un débit d'odeur de 20 uo/s, il est possible d'établir la relation avec le percentile en injectant le débit 20 x N uo/s dans un logiciel de dispersion. Pour N=100 porcs, il faut considérer α=4.5 pour que la formule soit cohérente avec la distance moyenne du percentile P98 & 10 uo/m^3 (rayon moyen équivalent défini comme sur la figure 16). Pour 2000 porcs, α doit être ajusté à 6.0. Une valeur α=5 semble constituer un bon compromis.

Une seconde manière d'ajuster α est d'utiliser nos observations de terrain. Pour les 30 cas étudiés, nous calculerons la distance D, par la relation (1) en adaptant chaque facteur à l'exploitation spécifique et en tenant compte éventuellement du cumul de différents bâtiments (voir plus loin). Dans ce calcul, le coefficient α sera laissé libre (égal momentanément à 1).
Par ailleurs, pour chaque entreprise, nous avons estimé un débit d'odeur global résultant d'un traçage sur le terrain au moyen de notre nez (voir plus haut, le chapitre relatif à la méthodologie). En injectant ce débit dans le logiciel de dispersion atmosphérique Tropos, nous pouvons calculer le P98 & 10 uo/m^3 relatif à chacun des cas. La figure 18 montre la relation entre la distance D calculée par la formule et la distance moyenne correspondant au percentile. Bien que la liaison ne soit pas très bonne (r^2=0.16 seulement), à cause de la grande variabilité des résultats de terrain, nous pouvons tenter d'ajuster une droite de régression qui passe par l'origine. La pente de cette droite devrait nous fournir le meilleur ajustement pour le coefficient α. Nous trouvons 4.7, soit une valeur à nouveau proche de 5.
C'est donc la valeur 5 qui sera définitivement choisie.

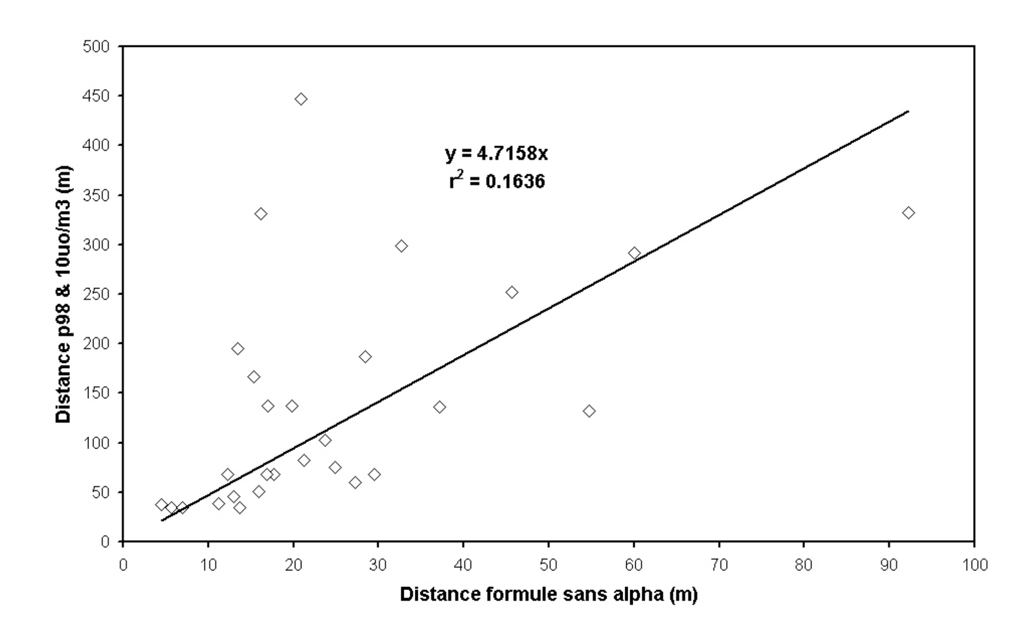


Figure 18 : Relation entre la distance calculée par la formule (sans le facteur α) et la distance moyenne du percentile 98 pour 10 uo/m^3 basé sur les mesures de terrain pour les 30 cas étudiés.

E. Cumul de différentes sources pour une même exploitation

Lorsque l'exploitation est morcelée en différentes localisations, chaque bâtiment est susceptible de générer une odeur qui lui est propre. En porcherie notamment, l'exploitation est ainsi presque toujours divisée en plusieurs bâtiments ou au minimum en plusieurs locaux, pour accueillir les différents stades de la reproduction et de l'engraissement.
Le même problème de cumul est rencontré lorsque, dans un même bâtiment, plusieurs types de litière coexistent, car alors, les facteurs techniques sont différents.

Dans ces cas, la suggestion serait de considérer comme entité indépendante chaque bâtiment ou local où le type d'animal et la technique d'élevage sont homogènes. Une distance est alors calculée pour chacune de ces entités et la zone-limite est simplement délimitée par l'enveloppe des cercles déterminés autour de chacune des sources.

Un effet pervers de l'usage d'une telle courbe enveloppe pourrait cependant être de morceler délibérément un bâtiment d'élevage en une multitude de très petites entités. Pour chacune de celles-ci, la distance calculée serait relativement faible, et la courbe enveloppe de tous ces petits cercles resterait d'une ampleur beaucoup plus limitée que si l'étable avait été considérée dans son ensemble.

Les VDI allemandes proposent, en cas d'ambiguïté de ce genre, de comptabiliser le nombre d'animaux de chaque étable en le corrigeant pour tenir compte de la proximité d'autres étables. L'idée est d'ajouter au nombre d'animaux d'une étable une contribution proportionnelle au nombre d'animaux de chacune des autres étables, pondérée par l'inverse de leur distance par rapport à l'étable évaluée.

Nous proposons une autre manière de procéder, qui génère un effet global presque identique aux VDI, mais qui nous semble plus logique dans l'esprit d'une cohérence avec la théorie de la dispersion atmosphérique.

Par défaut, les "débits d'odeur", représentés par l'intérieur de la parenthèse de la formule (1) sont sommés pour les différentes étables et la distance globale est ensuite calculée en multipliant la racine de la parenthèse par les facteurs α, f_D et f_R, identiques pour tous les bâtiments de l'exploitation.
Donc, la formule complète est

$$D = \alpha \cdot f_D f_R \left(\sum_{i=1}^{p} N_i f_{Ai} f_{Ti}\right)^n \qquad (6)$$

- les N_i, f_{Ai} et f_{Ti} représentant respectivement les nombres d'animaux, les facteurs animaux et les facteurs techniques pour les p bâtiments considérés,
- la somme étant calculée pour les p bâtiments
- et l'exposant n valant 0.5.

Cette distance doit alors être portée autour des murs extérieurs de chaque bâtiment et la courbe enveloppe est considérée comme courbe globale d'acceptation de la nuisance.

Il est possible de déroger à cette manière de procéder par défaut dans les cas suivants.
- Si les bâtiments sont très éloignés les uns des autres (typiquement au moins de 150 mètres), ils peuvent être considérés comme des élevages indépendants pour lesquels des distances individuelles sont évaluées et des courbes indépendantes sont donc dessinées.
- Si les dimensions des bâtiments et/ou les distances entre les différentes entités sont faibles par rapport à la distance calculée (typiquement inférieures à 1/10 de la distance), la courbe est résumée à un simple cercle dont le rayon est la distance globale calculée et le centre est le "point central" de l'exploitation.

Le cahier des charges demandait en outre de proposer une solution dans le cas d'élevages mixtes comprenant également des bovins. L'objectif n'était pas d'imaginer une formule adaptée aux bovins, mais bien une adaptation de la méthode porcs ou volailles pour les cas d'élevages mixtes.
Le constat est, qu'en général, la partie "bovins" située à proximité des élevages de porcs ou de volailles reste assez modeste. S'il s'agit d'un élevage de grande taille, il est souvent bien séparé de la porcherie ou du poulailler et l'ensemble ne peut pas être considéré comme "mixte".

Un autre élément d'information à prendre en compte est la meilleure acceptation dans la population de l'odeur de bovins que celle de porcs ou de volailles.
Ces deux éléments nous incitent à proposer la solution suivante :

- le calcul de distance doit d'abord être effectué sans l'élevage de bovins;
- si le bâtiment d'élevage de bovins se situe à une distance supérieure à la distance calculée par rapport à l'élevage de porcs ou de volailles, la formule n'en tiendra pas compte : il faut considérer qu'il s'agit d'un autre problème, nécessitant une autre formule de calcul;
- dans le cas contraire, comme il n'avait pas été envisagé de créer une formule propre aux bovins, il faudra utiliser la formule des porcs ou des volailles, mais en augmentant artificiellement le nombre d'animaux de l'élevage principal. Nous suggérons de considérer alors qu'une vache vaut 1 porc à l'engrais, malgré la différence de masse de l'animal, compte tenu de la meilleure acceptation de l'odeur de bovin.

VIII. Synthèse et respect du cahier des charges

Une formule de calcul de distance a été proposée. Elle nous semble compatible avec la théorie de la dispersion des odeurs et une correspondance avec les concepts de concentration d'odeur, de débit d'odeur et de percentile peut être établie.

Les valeurs des différents facteurs ont été choisies pour représenter au mieux la situation existante en Région wallonne.

La valeur du coefficient d'ajustement a été proposée afin de fournir un ordre de grandeur vraisemblable pour la distance, qui tient compte des impressions de terrain et qui se base sur le percentile 98 pour 10 uo/m^3 comme référence d'acceptabilité de la nuisance.

Afin de ne pas multiplier le nombre de déclinaisons possibles pour la formule, une distinction entre nouvelles installations et élevages existants n'a pas été formellement proposée. Cependant, le fait de considérer une valeur unitaire pour les facteurs dans les situations les plus fréquemment rencontrées actuellement en Région wallonne, permet d'apprécier facilement l'impact de techniques réductrices d'odeur par rapport à une situation habituelle.
Par ailleurs, comme annoncé au départ, cette formule ne constitue qu'une aide à la décision pour les agents traitant les dossiers. Il est tout à fait loisible pour celui-ci de décider de réduire la distance calculée de 10 ou 20% par exemple pour les élevages existants, afin de prendre en compte l'héritage du passé.
Nous nous sommes essentiellement intéressés à la nuisance olfactive en proposant une distance vraisemblable entre bâtiments d'élevage et habitations. La manière d'utiliser, voire d'amender cette distance en fonction du cas particulier, dépasse le cadre de nos compétences et nous préférons laisser une certaine souplesse d'utilisation à ce niveau.

IX. Bibliographie

[1] Nicolas, J. (2002) *Etude comparative entre les différentes méthodes d'estimation de la distance minimum d'implantation pour les bâtiments d'élevage par rapport aux zones d'habitat et aux habitations isolées.* Rapport final d'étude – Région wallonne –DPA- DGRNE

[2] Nicolas, J., Otte, B. (2004) *Vers une proposition de mode de détermination de la distance minimale à respecter entre les bâtiments d'élevage et les habitations*. Rapport Final d'étude FPW-FACW.

[3] Pouliot, F., Fillion, R. (2004) *Le contrôle des odeurs au bâtiment.* Journée d'information provinciale. Les odeurs et la production porcine : les solutions accessibles. Organisation : Fédération des producteurs de porcs du Québec. Drummondville, 27 janvier 2004.

[4] Nicks, B. *Contrat-agriculture société.* http://www.fsagx.ac.be/mf/publications/7.divers/Publi7-18productions-porcines-avicoles.html

[5] Degré, A. (2003). *Les odeurs en production porcine : origine et moyen de réduction*. Filière Porcine Wallonne, Gembloux.

[6] Pouloit, F. (2002). *Fiche techniques N°4 : Les toitures sur les fosses à lisier. Réduction des odeurs et des volumes*. Fédération des Producteurs de Porc du Québec, Longueuil.

[7] Guingand, N. (1998). *Qualité de l'air dans les porcheries*. Techniporc vol. 21 n°3. 27-31.

[8] Pigeon, S., Perrault, H. (2005). *Fiche techniques N°8 : Réduction des odeurs du bâtiment au champs.* Fédération des Producteurs de Porc du Québec, Longueuil.

[9] Pigeon, S. (2004). *Connaître les odeurs pour mieux les contrôler. Journée d'information provinciale. Les odeurs et la production porcine : les solutions accessibles*. Fédération des Producteurs de Porc du Québec, Longueuil. 1-9.

[10] Ninane, J., Lefevre, L., Hanut, B., Nicks, B., Desiron A., Flaba J., Luxen P. (1997). *Les litières biomaîtrisées*. Les livrets de l'agriculture, 2ème édition mise à jour. Direction générale de l'agriculture MRW, Jambes, 24 p.

[11] Rixen, B., Maquet, P. (2005). *Mise en œuvre de la directive 96/61/CE (IPPC) dans le secteur porcin en Région wallonne*. Filière Porcine Wallonne, Gembloux, 120 p.

[12] Nicolas, J., Craffe, F., Romain, A.C. (2006) *Estimation of odor emission rate from landfill areas using the sniffing team method.* In press in Journal of Waste Management.

[13] Hayes, E.T., Curran, T.P., Dodd, V.A. (2006) *A dispersion modelling approach to determine the odour impact of intensive poultry production units in Ireland.* In press in Bioresource Technology.

[14] Bongers, M.E., Vossen, F.J.H., van Harreveld, A.P. (2001) *Geurhinderonderzoek stallen intensieve veehouderij - samenvatting.* Rapport n° Vrom01a - PRA OdourNet bv - Amsterdam

[15] VDI (2001) VDI 3474 *Emission control livestock farming odorants* – VDI-Richtlinien-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 3

[16] European Commission (2003) *Integrated Prevention Pollution and Control (IPPC) – Reference document on Best Available Technologies for intensive rearing of poultry and pigs* http://www.epa.ie/Licensing/IPPCLicensing/BREFDocuments/FileUpload,461,en.pdf

[17] Colletti, J., Tyndall, J. (2002) *Shelterbelts: an answer to growing odor concerns ?* Inside Agroforestery, Spring 2002, p.3 & 7

[18] Vézina, A. (2005) *Des haies brise-vent autour des bâtiments d'élevage et des cours d'exercice : de la planification à l'entretien.* Fascicule ITA, campus de La Pocatière 9 p.

[19] Institut Technique du Porc (2000) *Mémento de l'éleveur de porc – Edition 2000I* – ITP – Paris – 374 p

[20] Ninane, J., Lefevre, L., Hanut, B., Nicks, B., Desiron, A., Flaba, J., Luxen, P. (1997) *Les litières biomaîtrisées.* Les livrets de l'agriculture, **1**, Ministère de la Région wallonne – DGA – Jambes – 24 p.

[21] Institut Technique du Porc (1998) *Odeurs et environnement : cas de la production porcine.* Institut Technique du Porc (Paris) – 127 p.

[22] Pigeon, S., Bélanger, M.C. (2000) *L'élevage de porc sur litière mince.* Porc Québec, Avril 2000, 75-79

[23] Pouliot, F., Fillon, R. (2001). *Le contrôle des odeurs à la ferme : Bâtiments et structures d'entreposage*. Colloque d'Abitibi-Témiscamingue – La production porcine en région, c'est important de s'en parler. 23 p.

Annexe : Questionnaires de terrain

Fiche Porcheries

1. Environnement:

- ❑ dégagé (rugosité faible, pas d'obstacles > 1,5 m)
- ❑ non dégagé (rugosité importante, obstacles: haie d'arbre, bâtiment > 1,5 m)

2. Zone de voisinage:

- ❑ Catégorie 1 (habitat dispersé non-agricole)
- ❑ Catégorie 2 (agglomérations, hameaux),
- ❑ Catégorie 3 (habitations isolées en zone rurale)
- ❑ Catégorie 4 (exploitations agricoles)

3. Facteur animal:

nombre de truies gestantes:……..………….

nombre de truies + portée:……..…………

nombre de porcelets < 15 kg:……………….

nombre de porcelets entre 15 et 30 kg:…….

nombre de porcelets entre 30 et 70 kg:…….

nombre de porcs à l'engrais (finition):………

nombre de porcs à l'engrais (bande):………

nombre de verrats:……………………………

4. Litière:

- ❑ bio-maîtrisée
- ❑ paillage
- ❑ caillebotis partiel conventionnel
- ❑ caillebotis partiel avec système de récolte du lisier par évacuation
- ❑ caillebotis total (> 45%) conventionnel
- ❑ caillebotis total avec système d'évacuation régulière du lisier
- ❑ caillebotis total avec système limitant la surface air/lisier
- ❑ caillebotis total avec système de récolte par gouttière
- ❑ autre: ……………………………………………………..……

5. Évacuation du fumier:

- ❑ poussoir à fumier
- ❑ évacuation tous les …. jours

6. **Stockage du lisier:**

- ❑ sous les animaux
- ❑ en citerne ouverte
- ❑ en citerne fermée

7. **Stockage du fumier:**

- ❑ fosse couverte
- ❑ fosse fermée de 3 côtés

- ❑ autre: ……………………………………………………………………………

8. **Ventilation:**

- ❑ ventilation naturelle (orientation non-optimale du bâtiment)
- ❑ ventilation naturelle et orientation optimale du bâtiment
- ❑ ventilation naturelle auto-régulée et orientation optimale
- ❑ ventilation mécanique auto-régulée en fonction du ΔT, couplée à la ventilation naturelle
- ❑ ventilation mécanique avec évacuation latérale

- ❑ autre: ……………………………………………………………………………

hauteur de l'échappement vertical au-dessus du faîte:…… m

vitesse d'évacuation:……..…………………………………… m/s

présence de coiffe?: oui – non

9. **Alimentation:**

- ❑ sèche
- ❑ semi-liquide
- ❑ liquide (ou sérum)

  si liquide, conditions de conservation:
  - ❑ bonnes
  - ❑ mauvaises

  durée de contact air/aliment:………………………….. minutes

10. **Hygiène:**

- ❑ bonne
- ❑ moyenne
- ❑ mauvaise

Fiche poulaillers

1. **Environnement:**

   - ❑ dégagé (rugosité faible, pas d'obstacles > 1,5 m)
   - ❑ non dégagé (rugosité importante, obstacles: haie d'arbre, bâtiment > 1,5 m)

2. **Zone de voisinage:**

   - ❑ Catégorie 1 (habitat dispersé non-agricole)
   - ❑ Catégorie 2 (agglomérations, hameaux),
   - ❑ Catégorie 3 (habitations isolées en zone rurale)
   - ❑ Catégorie 4 (exploitations agricoles)

3. **Facteur animal:**

   nombre de poulets de chair:………..………..

   nombre de canards:…………………………..….

   nombre de poules pondeuses:……………....

   batteries: oui - non

4. **Lit!ière**

   - ❑ pailles entières
   - ❑ pailles hachées
   - ❑ copeaux de bois

5. **Évacuation du fumier:**

   - ❑ plus d'une fois par cycle
   - ❑ moins d'une fois par cycle

6. **Stockage du fumier:**

   - ❑ sous la batterie
   - ❑ en locaux fermés
   - ❑ ouvert à l'extérieur
   - ❑ simple recouvrement (lisier de canard)

7. **Ventilation:**

   - ❑ ventilation naturelle auto-régulée
   - ❑ ventilation mécanique auto-régulée en fonction du ΔT, couplée à la ventilation naturelle
   - ❑ ventilation mécanique avec évacuation latérale

   - ❑ autre: ………………………………………………………………………

hauteur de l'échappement vertical au-dessus du faîte:…… m

vitesse d'évacuation:……..……………………………………… m/s

présence de coiffe?: oui – non

8. **Alimentation:**

- ❑ sèche
- ❑ liquide (canards):
  durée entre la préparation du mélange et le gavage………… minutes

9. **Hygiène:**

- ❑ bonne
- ❑ moyenne
- ❑ mauvaise